

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta stavební**

**Katedra městského inženýrství**

**Vytvoření informačního modelu liniové stavby železnice**

*Information model of the railway line construction*

**Student:**

**Bc. Michal Šobr**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Martin Ferko, PhD.**

**Ostrava 2019**

# Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Michal Šobr**

Studijní program:

N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607T013 Městské stavitelství a inženýrství

Téma:

Vytvoření informačního modelu liniové stavby železnice  
Information model of the railway line construction

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Práce se bude zabývat problematikou tvorby informačního modelu úseku stavby železnice ve vhodné úrovni detailu (LOD) s negrafickými informacemi pro další využití modelu. Prvky stavby budou klasifikovány a model bude zpracován v náležitostech formátu pro OpenBIM. Na základě dat modelu bude vytvořen rozpočet úseku stavby. Dále bude popsán současný stav praxe v ČR a v zahraničí a vyhodnocení nedostatků při implementaci, transferu a provozu systému.

Textová část práce bude obsahovat teoretická východiska problematiky BIM a životního cyklu staveb. Praktická část bude zaměřena na aplikaci agendy BIM na úsek stavby železnice.

V práci bude vyhodnocen postup importů a převádění dat s popisem problematických etap a nedostatků, které lze pečlivou přípravou projektu eliminovat. Výstupem bude soupis zkušeností a doporučení pro tvůrce a uživatele podobných BIM modelů.

Závěrečnou práci zpracujte v tomto rozsahu:

1. Rekapitulaci teoretických východisek vztahujících se k dané problematice v obecné poloze.
2. Vytvoření BIM úseku stavby železnice.
3. Vytvoření rozpočtu na základě 3D modelu s použitím cenové databáze SFDI OTSKP s cílem nalezení možností vzájemných agregací položek pro možnost automatizace.
4. Popis problematiky transferu dat a dokumentů mezi realizační fází a fází užívání objektu, soupis doporučení a komentářů

Výkresová část bude doplněna elektronickým formátem 3D modelu v openBIM formátu.

Formální i obsahové požadavky dále uvádí Interní předpis pro vypracování závěrečné práce (verze 2019.1, dostupné na oficiálním webu Katedry městského inženýrství).

Rozsah grafických prací: rozsah a náplň jednotlivých výkresů bude upřesněn v průběhu zpracování bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

(1) Dana K. Smith, Michael Tardif: Building Information Modeling, A Strategic Implementation Guide, , Published by John Wiley & Sons, Inc. New Jersey 2009, ISBN 978-0-470-25003-7

(2) Eastman, Ch. (2009) BIM Handbook, Johny Wiley & Sonc, Inc., ISBN 978-0-470-18528-5

(3) ČERNÝ, M. a kol.: BIM příručka. 1. 1. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. 80 s. ISBN: 978-80-260-5297- 5.

(4) <http://issuu.com/czbim/docs/bim-prirucka-2013-v1>

(5) <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/about/bimactivities/>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

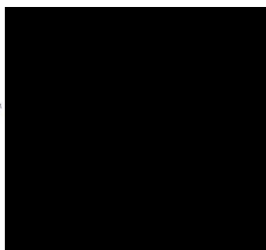
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Ferko, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2019

Datum odevzdání: 29.11.2019



Ing. Renata Zdařilová, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
*děkan fakulty*

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же ВШБ – ТУО мѧ право невѣдѣлѣчнѧ кѧ свѧ вnitřnі потрѣбѧ дипломову прѧци ужит ( § 35 odst. 3 зѧкона ч. 121/2000 Sb.) - souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové прѧце bude uložen v Ústřednі knihovnѧ ВШБ- ТУО k prezenčnіmu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího дипломové прѧце. Souhlasím s tím, že údaje o дипломové прѧci budou zveřejněny v informačnіm systѧmu ВШБ-ТУО.
- bylo sjednáno, že s ВШБ-ТУО, v пrípadě зѧjmu z její strany, uzavřu licenčnі smlouvu s oprávněním ужит діло v rozsahu § 12 odst. 4 autorského зѧкона.
- bylo sjednáno, že ужит свѧ діло – дипломову прѧci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem ВШБ-ТУО, která je oprávněna v takovém пrípadě ode mne požadovat пríměřený пrísпѣvek na úhradu nákladů, které byly ВШБ-ТУО na vytvoření діла vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním свѧ прѧce souhlasím se zveřejněním свѧ прѧce podle зѧкона ч. 111/19987 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších зѧkonů (зѧкон o vysokých školách), ve znění pozdějších пrѣpisů, bez ohledu na vѣsledek její обhajoby.

V Ostravѧ

Podpis studenta

## **Anotace**

Práce řeší realizaci fiktivního informačního modelu liniové stavby – železnice ve stupni detailu pro provádění stavby. V rámci zpracování práce je ověřena možnost vytvoření informačního modelu a jeho užití v rámci aplikací BIM pro potřeby finančního a časového modelu. Dále práce obsahuje rešerši stávajícího stavu u nás a ve světě a to primárně v oblasti informačního modelování liniových staveb dopravní infrastruktury.

## **Klíčová slova**

BIM, BIM3D, BIM4D, BIM5D, informační, model, železnice, Civil3D, Ferrovial, Navisworks

## **Citace**

ŠOBR, Michal. Vytvoření informačního modelu liniové stavby železnice. Ostrava, 2019, 55 s. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

## **Abstract**

This thesis focused on creation of railway information model on detail design documentation level. There is checked solution to schedule and quantification BIM uses in thesis. Furthermore, the thesis contains a review of the current situation in the Czech Republic and abroad, primarily in the field of information modeling of transport infrastructure line structures.

## **Keywords**

BIM, BIM3D, BIM4D, BIM5D, information, model, railway, Civil3D, Ferrovial, Navisworks

## **Citation**

ŠOBR, Michal. Information model of the railway line construction. Ostrava, 2019, 55 p. Thesis. VSB - Technical University of Ostrava.

## Seznam zkratek

BIM	Informační model/modelování stavby (z angl. Building Information Model nebo Building Information Modelling)
bSI	building Smart International – nadnárodní sdružení organizací zabývajících se konstrukcí staveb a facility managementem
CDE	Společné datové prostředí (z angl.. Common Data Environment)
CoClass	Klasifikační systém používaný a vyvíjený ve Švédsku
CzBIM	Odborná rada pro BIM,
ČAS	Česká agentura pro standardizaci, příspěvková organizace
DSS	Datový standard stavebnictví
IFC	Industry Foundation Classes – datový formát vyvíjený a spravovaný organizací bSI
KS	klasifikační systém
LOD	Level of Development (dříve Level of Detail), jedná se o hodnotu udávající úroveň použitých detailů jak grafické tak i negrafické části modelu – pro tuto práci volena definice z USA
MD	Ministerstvo dopravy České republiky
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
Nást	Nástupiště
OTSKP	Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací vydávaný SFDI
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic ČR
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ŽSp	Železniční spodek
ŽSv	Železniční svršek

# Obsah

1	Úvod .....	11
2	Stav implementace BIM v liniových dopravních stavbách .....	13
2.1	BIM a dopravní stavby ve světě .....	15
2.2	České dopravní stavby a BIM.....	15
2.2.1	Současné využití BIM v rámci staveb zadávaných SŽDC .....	15
2.2.2	Současné využití BIM v rámci staveb zadávaných ŘSD .....	16
2.3	Stav standardizace BIM v České republice .....	16
2.3.1	Proces standardizace vedený Českou agenturou pro standardizaci.....	17
2.3.2	Proces standardizace vedený Státním fondem dopravní infrastruktury .....	18
3	Vytvoření 3D modelu .....	20
3.1	Požadované užití BIM .....	20
3.2	Použité softwarové nástroje a jejich stručný popis a dostupnost.....	21
3.2.1	Autodesk Civil 3D .....	21
3.2.2	Autodesk Subassembly Composer for Autodesk 2020 .....	22
3.2.3	Ferrovía.....	23
3.3	Příprava podsestav .....	24
3.4	Model novostavby.....	26
3.4.1	Základní předpoklady při realizaci modelu .....	26
3.4.2	Stavebně konstrukční uspořádání modelu .....	26
3.5	Aplikace datového standardu .....	27
3.5.1	Příklad definice elementu dle datového standardu .....	28
3.5.2	Použití předdefinovaných vlastností.....	30
3.5.3	Návrh sad vlastností .....	30
3.5.4	Definice sad vlastností v rámci software .....	31
3.6	Výstupy .....	31
3.6.1	Ferrovía.....	31



3.6.2	Civil 3D .....	32
4	Klasifikace 3D modelu .....	34
4.1	Vyloučení českých databází a klasifikačních systémů .....	35
4.1.1	OTSKP – Oborový třídění stavebních konstrukcí a prací .....	35
4.1.2	SNIM – Standard negrafických informací 3D modelu.....	35
4.2	Výběr klasifikačního systému.....	36
4.2.1	CoClass.....	36
4.3	Klasifikace .....	37
4.3.1	CoClass studio .....	41
5	Vytvoření 5D modelu .....	42
5.1	Způsob mapování klasifikovaných položek na OTSKP .....	42
5.1.1	Položky definované vlastností prvku.....	42
5.2	Způsoby ocenění modelu .....	44
5.3	Výstupy.....	46
6	Způsoby zobrazení a tvorby 4D modelu.....	49
6.1	Definice posloupností .....	49
6.2	Nastavení časových vazeb .....	50
6.3	Výstupy.....	50
7	Návrh přenosu základních dat pro správu a údržbu liniové stavby .....	53
7.1	Vazba na datový standard a úplnost požadovaných informací .....	53
7.2	IFC model .....	54
7.3	Prostorová poloha koleje .....	55
7.4	Požadavky na předání živých dat.....	56
7.5	Digitalizace stávající železniční sítě .....	57
8	Vyhodnocení.....	58
8.1	Tvorba modelu a jeho využití .....	58
8.2	Klasifikace modelu .....	58

8.3	Vytvoření časového a finančního modelu .....	59
8.4	Přenos dat.....	60
8.5	Doporučení pro budoucí využití .....	60
9	Závěr.....	62
	Citovaná literatura .....	63
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek.....	66
	Seznam příloh.....	66

# 1 Úvod

Dne 25. září 2017 přijala svým usnesení Vláda České republiky (1) materiál s názvem „Koncepte zavádění metody BIM v České republice“. Tímto krokem se nastartoval proces nutné implementace metody BIM do českého právního prostředí, ale hlavně do zvyklostí a znalostí osob činných ve stavebnictví. Tento proces má být dokončen ze své větší části v roce 2022, kdy je plánovaný „ostrý start“ v podobě povinnosti využití metody BIM pro nadlimitní veřejné zakázky.

Motivace státu – z pozice investora – je jasná, BIM pro stát představuje prostředek k efektivnější správě investovaných prostředků a hlavně i nástroj k úspoře během celého životního cyklu. Úspora je to výrazná, podle „Koncepte zavádění metody BIM v České republice“ je očekávaná výše úspory 20% (2). Ve chvíli, kdy budeme uvažovat, že celková hodnota oznámených veřejných zakázek v roce 2018 byla více než 148,7 mld. Kč (3) a také že očekávaný podíl nákladů na realizaci je 34% (2), tak celkové očekávané úspory (za celý životní cyklus) by mohly dosáhnout výše téměř 87,5 mld. Kč.

Důležité ovšem je, aby byl motivován a s přínosy ztotožněn každý účastník stavebního procesu, nejen investor. A je nutné podotknout, že se musí jednat o pozitivní motivaci.

Z pohledu státu jako investora je také velmi zásadní hodnota peněz investovaných do výstavby a rekonstrukcí dopravní infrastruktury. V této oblasti BIM za stavbami pozemními pokulhává. Práce se věnuje samotnému popisu implementace (kapitola 2) v rámci světových i českých projektů a organizací. Dále je zpracována rešerše o stavu českého procesu standardizace a popsány způsoby tvorby standardů a dalších doplňkových dokumentů.

V rámci kapitoly 3 je popsán způsob tvorby 3D modelu a to včetně použitého software a stručného popisu způsobů tvorby. S ohledem na složitost problematiky bude vytvořen jeden model a to konkrétně části novostavby železniční trati s nástupištěm.

3D model vytvořený v rámci kapitoly 3 je nutné pro další práci klasifikovat (kapitola 4). Proces klasifikace vychází ze zjištění a nejnovějších poznatků v oblasti klasifikačních systémů a to hlavně s ohledem na implementaci v České republice. Jak je z kapitoly 4 patrné, klasifikace modelu je zcela zásadní pro vzájemné porozumění mezi všemi účastníky stavebního projektu.

Na základě klasifikovaného 3D modelu je navržen způsob jak provést ocenění modelu a to prostřednictvím u nás preferované databáze OTSKP<sup>1</sup> (kapitola 5). Namapování moderních klasifikačních systémů na třídící struktury cenových databází, které jsou v České republice běžné, není úplně jednoduché. Nicméně, ve střednědobém časovém horizontu nelze předpokládat změnu ve zvyklostech oceňování, z tohoto důvodu jsou poznatky kapitoly 5 poměrně zásadní.

Možnost časového plánování na základě práce s informačním modelem ověřuje v jednoduchém pojetí kapitola 6. Jedná se jeden ze zásadních způsobů využití informačního modelu a to hlavně v době návrhu plánu organizace výstavby, ale v neposlední řadě také ve vztahu k realizaci. Pomocí kvalitně zpracované časové simulace lze velice přesně definovat samotné realizační procesy výstavby a to i ve velmi stísněných podmínkách.

Cílem diplomové práce je ověřit možnosti, jak docílit vytvoření smysluplného informačního modelu, který bude dále využitelný a to pro všechny účastníky stavebního procesu. To znamená, že model musí být užitečný jak pro projektanty, zhotovitele, případně budoucí správce a investory, ale v neposlední řadě i pro správní orgány státu, v jejichž působnosti je agenda povolování staveb a územní plánování a to včetně všech dotčených osob v rámci správních řízení.

Práce by také měla posloužit, jako jakýsi primární návod, jak postupovat. Z tohoto důvodu jsou v práci poměrně podrobně definovány jednotlivé nástroje a postupy, jak bylo předem stanovených cílů dosaženo, případně je specifikováno, kde autor našel současné limity své, případně dostupných nástrojů.

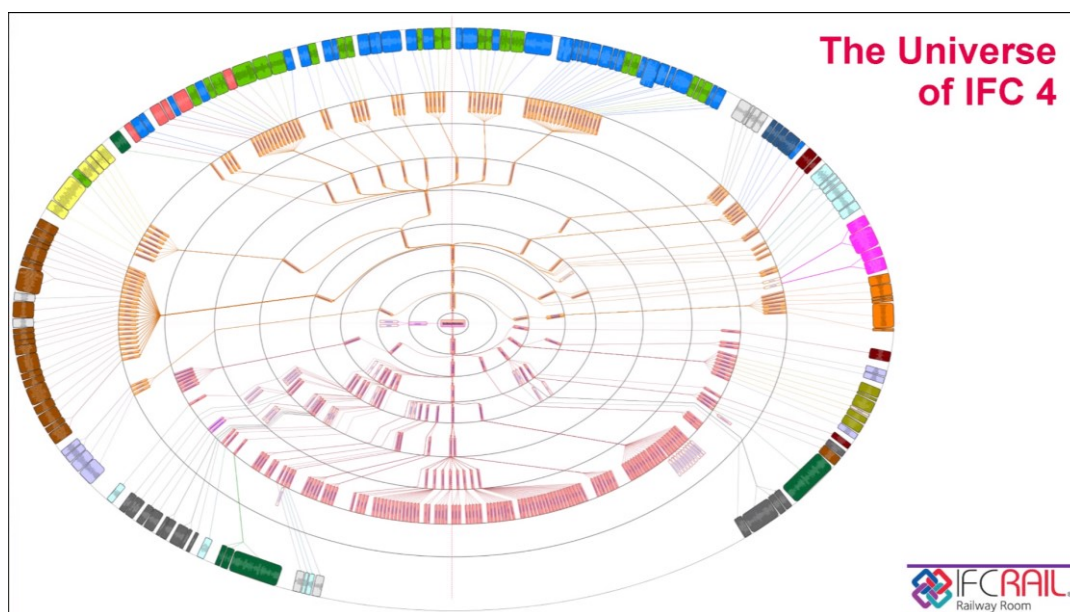
---

<sup>1</sup> Použití cen uvedených v cenové databázi OTSKP je předepsáno u největších dvou českých investujících organizací v oblasti dopravní infrastruktury – Správa železniční dopravní cesty, státní organizace a Ředitelství silnic a dálnic.

## 2 Stav implementace BIM v liniových dopravních stavbách

Konkrétní použití metody BIM v rámci dopravního stavitelství ve světovém měřítku je poměrně rozdílné. Za organizaci buildingSMART® je zřízena tzv. „Infrastructure Room“ jejímž posláním je vyvíjet společné principy a postupy pro práci v rámci BIM pro oblast infrastrukturních staveb. Tato skupina se v současné době zabývá rozvojem projektů v oblasti IFC Road (pozemní komunikace), IFC Ports (přístaviště) nebo například IFC Bridge (mosty), do budoucna se bude zabývat projektem IFC Tunnel.

Mimo tuto skupinu je na summitech standardizace (International Standards Summit) vytvořena skupina Railway Room, která se zabývá čistě železnicí. Založení Railway Room, respektive zahájení vývoje standardu IFC Rail začalo oficiálně v dubnu roku 2017 na základě podepsání zakládacích listin na summitu v Barceloně. Poslední takový summit se konal v německém Düsseldorfu 25. – 28. 3. 2019<sup>2</sup>.



Obrázek 1 Vizualizace rozvoje standardu IFC verze 4, zdroj: snímek z videa <https://www.youtube.com/watch?v=3k8caB10G-Q> citováno dne 23. 5. 2019

Na obrázku 1 je naznačen rozsah použití stále vyvíjeného IFC 4 (prezentováno na summitu v Düsseldorfu v rámci Railway Room). Je nutné uznat, že jednotlivých druhů staveb, které musí být tímto standardem ošetřeny (druhy jsou prezentovány jednotlivými položkami napojenými do středu diagramu), je obrovské množství. Z tohoto úhlu pohledu je nutné vnímat založení a práci na infrastructure ICF, tzn. IFC například pro potřeby pozemních komunikací, mostů, drah a podobně, jako obrovský úspěch. Dalším negativním vlivem

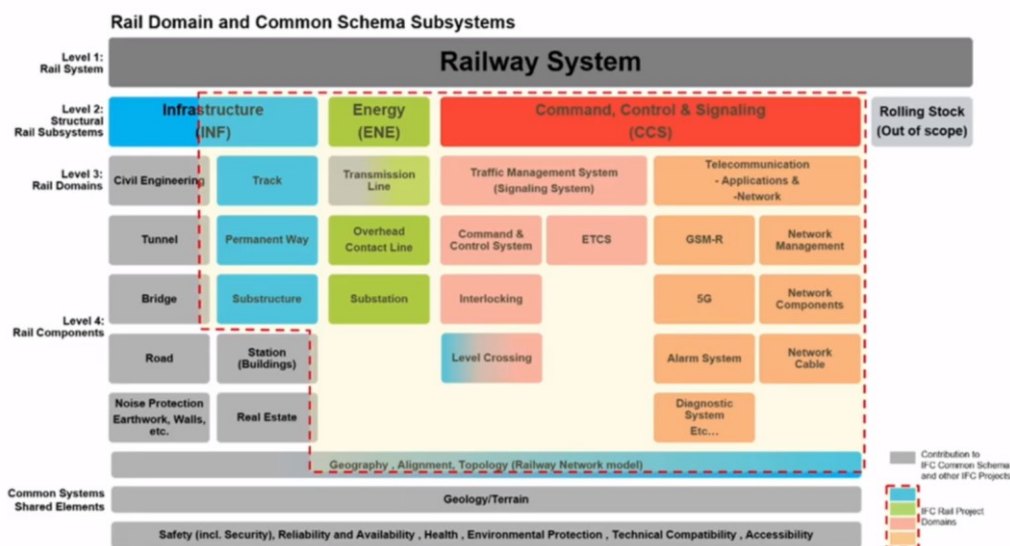
---

<sup>2</sup> Stav k datu 21. 11. 2019

je jistá míra složitosti liniových staveb a to hlavně v jejich prostorové variabilitě a vazbách, kdy se může vztah mezi liniovou stavbou a okolním prostředím měnit klidně po vzdálenostech menších než metr.

Za velký úspěch lze považovat vydání standardu IFC Alignment, který se zabývá standardizací informačního modelování osy liniové stavby, nicméně některé negrafické informace, důležité obzvlášť pro správu, v tomto standardu definované nejsou a je nutné je definovat jiným způsobem.

V rámci bSI Standards Summitu v Düsledorfu (v roce 2019) byly prezentovány výsledky dosavadní práce týmu IFC Rail resp. Railway Room. Vývoj IFC Rail řídí pan Christian Erismann, samotný Railway Room řídí pan Winfried Stix. Zmínění pánové a jejich team na konferenci představili návrh rámce dělení systému železnic na jednotlivé podsystémy, kdy každý subsystém má definovanou odpovědnou osobu z partnerských organizací bSI jako například ÖBB, SBB, SNCF, CRBIM<sup>3</sup> a další. Dále byly představeny návrhy pracovních postupů a výstupů (General Workflow and Deliverables) které končí plánovanou implementací již hotového IFC Rail do IFC verze 5. Na závěr prezentace byl posluchačům ukázán první IFC Rail pilotní projekt.



Obrázek 2 Rámec dělení systému „železnice“ na jednotlivé subsystémy;  
zdroj: snímek z videa: [https://www.youtube.com/watch?v=k\\_cP0A5PtgA](https://www.youtube.com/watch?v=k_cP0A5PtgA) citováno dne 23. 5. 2019

<sup>3</sup> Vysvětlení uvedených zkratk názvů:

ÖBB - Österreichische Bundesbahnen – Rakouské spolkové dráhy

SBB - Schweizerische Bundesbahnen – Švýcarské spolkové dráhy

SNCF - Société nationale des chemins de fer français – Národní společnost francouzských železnic

CRBIM – China Railway BIM alliance – sdružení čínských železničních společností pro rozvoj BIM

## 2.1 BIM a dopravní stavby ve světě

Použití BIM v rámci dopravních staveb ve světě není neobvyklé. Pokud se například zaměříme na Evropu, rozsáhlým projektem, v rámci kterého je BIM využíván je například projekt HS2, který propojuje vysokorychlostní železnici (označení projektu z angl. High Speed) Londýn a Birmingham, Manchester a Leeds (4). Jako další příklad aktivního používání lze například zmínit švédskou organizaci Trafikverket, která je odpovědná za výstavbu a údržbu švédských silnic a železnic. Tato organizace hledá způsoby pro implementaci BIM do své práce, jako příklad lze uvést hledání možných nástrojů k prohlížení modelů. (5) Ostatně Švédsko se dá označit jako jeden z hlavních představitelů „infrastructure BIM“ v Evropě. O jejich klasifikačním systému CoClass bude pojednáno v této práci později.

Pokud budeme pátrat o použití BIM ve světě, tak za leadera lze označit Čínskou lidově demokratickou republiku, v rámci jejich China Railway BIM alliance (CRBa) vznikl první BIM standard pro drážní stavby již v roce 2015. Nicméně po tomto datu s vývoj zastavil a nyní CRBa vyčkává, jak bude problematika řešena ze strany BSI. Dalšími významnými hráči jsou například Singapur nebo Jižní Korea.

## 2.2 České dopravní stavby a BIM

### 2.2.1 *Současné využití BIM v rámci staveb zadávaných SŽDC*

V současné době (stav k 6/2019) běží v rámci SŽDC několik pilotních projektů. Cíle těchto projektů jsou pojaty víceméně reálně (s ohledem na absenci rozsáhlejších zkušeností a znalostí v oblasti „infrastructure BIM“ u zhotovitelů, ale i u odborné veřejnosti), nicméně některé stanovené cíle se staly pro zhotovitele problematické.

Například propojení modelu a peněz, nebo modelu a času se zatím nepodařilo.

V rámci některých pilotních projektů se ukázal jako problematický i samotný export do formátu IFC, kdy výsledný model ztrácel grafické i negrafické informace.

V pilotních projektech, které budou vypsány, bude vyvíjen větší tlak na kvalifikaci klíčových osob – prozatím byly definovány role BIM manager, BIM koordinátor a Správce datového prostředí. Zároveň bude kladen důraz na aplikaci datového standardu, který je sice vyvíjen v rámci ČAS, ale v rámci SFDI je již zveřejněna konkrétní podoba pro dopravní stavby. (6)

### 2.2.2 *Současné využití BIM v rámci staveb zadávaných ŘSD*

Ředitelství silnic a dálnic má již několik let definován systém „soubor popisných informací“ – dále jen SPI (7), jedná se o předepsané negrafické informace, které jsou pevně vázané na třídník OTSKP. To znamená, že každá položka v rámci modelu, by měla mít svůj protějšek v třídníku OTSKP. Pomocí SPI je tedy zajištěna jednoznačná identifikace prvku, specifikace prvku, ocenění prvku (právě ve vazbě na OTSKP) a kontrola kvality a jakosti. V rámci provozu jsou definovány další informace pro potřeby správy a pro možnost implementace do interního systému CAPEX.

Jako pilotní projekty v rámci ŘSD byly vybrány tyto stavby:

- Úprava křižovatky silnic I/32 a II/125 na exitu 42 dálnice D11 – přestavba na okružní křižovatku („OK Poděbrady“)
- D1 Modernizace – úsek 04, EXIT 34 Ostředek – EXIT 41 Šternov – SO 04-221 Nadjezd ev.č. D1-040 a SO 04-151 Polní cesta v km 37,170 („nadjezd D1“)
- I/42 Brno VMO Žabovřeská I., etapa I. („VMO Žabovřeská“)

ŘSD v pilotních projektech vyčkává na existenci softwarového nástroje pro možnost tvorby 5D modelu.

Obecně lze říct, že využití BIM v rámci dopravních staveb v České republice je v počátcích, nicméně se vzrůstající kvalifikací veřejných zadavatelů roste i „kvalita“ požadavků v rámci zadání pilotních projektů. Velkým „tahounem“ je v tomto segmentu Státní fond dopravní infrastruktury. Jako používaný třídník resp. cenová databáze je, v minimálně nejbližší době, očekáváno nadále OTSKP.

## 2.3 **Stav standardizace BIM v České republice**

Podle usnesení vlády České republiky číslo 968 z roku 2016 (8) je za implementaci metod BIM do českého prostředí zodpovědné MPO. Schválením koncepce BIM (usnesení vlády ČR č. 682/17) byly definovány další podrobné cíle s určenými dílčími gestory.

Obecně lze tedy říci, že v českém prostředí jsou za standardizaci odpovědné dvě organizace. Vrcholově je to MPO, které touto funkcí delegovalo ÚNMZ, resp. jeho příspěvkovou organizaci ČAS.

Pro oblast dopravních staveb je BIM zaštiťován MD, které pověřilo SFDI.



### 2.3.1 Proces standardizace vedený Českou agenturou pro standardizaci

V rámci ČAS byl založen odbor s názvem Koncepce BIM 2022. Tento odbor byl pověřen 7. prosince 2017 (9) přímo ministrem průmyslu a obchodu realizací velké části úkolů specifikovaných v Koncepci zavádění BIM (2).

V současné době je založený web [www.koncepceBIM.cz](http://www.koncepceBIM.cz) (10). Dále bylo založeno šest pracovních skupin:

- PS 01 Pilotní projekty,
- PS 02 Zadávání, projektové řízení a smlouvy,
- PS 03 Datové a informační standardy,
- PS 04 Podklady pro oceňování,
- PS 05 Vzdělávání a PR,
- PS 06 Terminologie a normy.

V rámci pracovních skupin vznikají koncepty dokumentů, které jsou podrobeny dvouúrovňovému recenznímu procesu, kdy nejprve připomínkují daný dokument sami členové pracovních skupin a posléze je uvolněn k připomínkování dobrovolníkům z řad odborné veřejnosti.

V současné době (ke dni 21. května 2019) je ve stavu „schváleno“ první dokument a to PS 03 s názvem *Rešerše a srovnání klasifikačních systémů* (tomuto dokumentu se bude práce podrobněji věnovat dále v kapitole 4). Nicméně aktivita probíhá i v rámci jiných PS, kdy v recenzním procesu (autor práce je recenzentem) jsou nebo byly dokumenty jako *Český standard smlouvy pro výstavbu – Příloha č. 3 BIM protokol*, *Doporučení ke smlouvám a projektovému řízení v BIM*, *Doporučení k hodnocení nabídek při zadávání veřejných zakázek* – vydáno za PS 02 nebo *Analýza užití informačního modelování staveb (BIM)* za PS 03.

Podle informací od ředitele odboru (11) by během roku 2019 měla proběhnout recenzní řízení (případně schválení dokumentů) u nejdůležitějších oblastí a jejich standardizace:

- smluvní standard a veřejné zakázky,
- datový standard,
- oceňování.

Dále odbor Koncepce BIM například zajišťuje vzdělávání a metodickou přípravu veřejných zadavatelů a veřejnosti, odbor také zřídil veřejnou diskuzní platformu prostřednictvím služby LinkedIn<sup>4</sup> atd.

Jako zásadní informační akci a zároveň místo pro setkání a sdílení informací byl Summit Koncepce BIM, který byl pořádaný odborem koncepce BIM a konal se 21. 11. 2019 v Praze.

V rámci koncepce BIM probíhají kurzy celoživotního vzdělávání BIM<sup>5</sup>. Kurzy probíhají na několika úrovních a to v rámci partnerských vysokých škol (ČVUT, VUT, VŠB-TUO).

### 2.3.2 Proces standardizace vedený Státním fondem dopravní infrastruktury

SFDI již v počátcích svého procesu standardizace poměrně jednoduše, ale jednoznačně definoval cíle a očekávané přínosy plynoucí z použití BIM. Dokument, který toto vše shrnuje, se jmenuje „*Plán pro rozšíření využití digitálních metod a zavedení informačního modelování staveb (Building Information Modelling – BIM) pro dopravní infrastrukturu*“ (12).



Obrázek 3 Pyramida plánu pro rozšíření využití digitálních metod a zavedení informačního modelování staveb pro dopravní infrastrukturu  
zdroj (12) obr. 2

Dne 10. 11. 2016 na konferenci czBIM avizoval ředitel SFDI Ing. Zbyněk Hořelica záměr použít metody BIM v rámci pilotních projektů SFDI a ŘSD. V návaznosti na tuto informaci byla zřízena pracovní skupina složená z externích expertů. Cíle měla pracovní skupina dva a to sestavení dokumentu plánujícího zavedení metody BIM - (12) – a metodickou podporu pilotních projektů.

<sup>4</sup> Dostupné zde (nutná registrace a schválení přístupu): <https://www.linkedin.com/groups/8644021/>

<sup>5</sup> Více info zde: <https://www.koncepcebim.cz/384-kurz-celozivotniho-vzdelavani>

Zároveň začal SFDI pracovat na osvětě zaměstnanců MD a státních investorských společností a to například semináři na stavbách, kde již byl BIM<sup>6</sup> prakticky aplikován – například pro 3D řízené stroje. Odborné exkurze se netýkaly pouze České republiky, byla uspořádána pracovní cesta do Velké Británie s cílem výměny informací s místními experty a s exkurzí na stavbě Waterloo International Terminal.

V rámci tohoto dokumentu byly poměrně přesně definované i požadované standardizující dokumenty, jejichž tvorbě se začal věnovat expertní výkonný tým. Plánovaný harmonogram přípravy je uvedený na obrázku 4. V současné době lze konstatovat, že tento harmonogram není dodržen.

Metodické pokyny / předpisy	2017				2018			
	1.Q	2.Q	3.Q	4.Q	1.Q	2.Q	3.Q	4.Q
Metodika použitím BIM pro projekt ( <b>BEP</b> – Methodology for BIM Execution plan)								
Standard pro předávání dat projektu mezi jednotlivými fázemi ( <b>CoP</b> / <b>EIR</b> <sup>4</sup> )								
(BIM) datové prostředí ( <b>CDE</b> – Common Data Environment)								
Pravidla pro tvorbu, předání a používání informačního modelu ( <b>BIM Protocol</b> )								
Kritéria pro práci s informačním modelem ( <b>BIMPC</b> <sup>2</sup> )								
Požadavky na materiálové a objektové knihovny ( <b>ADDD</b> <sup>3</sup> )								
Metodika pro použití informačních modelů pro oceňování staveb								
Integrace BIM pro potřeby MD, SFDI								
Integrace BIM pro potřeby ŘSD ČR								
Integrace BIM pro potřeby ŠZDC								

Obrázek 4 Harmonogram přípravy standardizace v rámci SFDI  
zdroj (12) kap. 7.4.3

V současné době (4. čtvrtletí roku 2019) jsou vydány tyto standardy (uvažováno vydání schváleného dokumentu, ale i dokumentu k připomínkám):

- Společné datové prostředí (CDE) – aktualizovaný pracovní návrh 9/2019
- Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro infrastrukturní stavby – Datový standard pro PDPS – aktualizovaný pracovní návrh 9/2019
- Metodika BIM protokolu pro smluvní standard FIDIC – pracovní návrh 9/2019
- Plán realizace BIM (BEP – BIM Execution Plan) – pracovní návrh 9/2019

<sup>6</sup> V podstatě se jednalo vždy o využití některých dílčích funkcí metod BIM, nikoliv o ucelený BIM proces v celém životním cyklu stavby.

### 3 Vytvoření 3D modelu

V rámci diplomové práce byl vytvořen jeden 3D modely. Jedná o model liniové stavby – konkrétně železnice. Model je fiktivní novostavbou jednokolejné železniční trati s nástupištěm v rámci fiktivního území a digitálního modelu terénu.

#### 3.1 Požadované užití BIM

Užitím BIM (BIM uses) se rozumí konkrétní aplikace metody BIM k dosažení nějakého cíle. Těmito cíli mohou být například:

- Kontrola kolizí
- Automatizovaná tvorba 2D dokumentace
- Automatický výkaz výměr
- Simulace požáru
- Dopravní simulace
- Simulace výstavby a další

Primárním úkolem vytvořeného 3D modelu je ověření možnosti realizace požadavků na informační modely definované normami – primárně ČSN ISO 12006-2 (13) a českou koncepcí BIM (2). Z tohoto úhlu pohledu je tedy nutné model klasifikovat (řešeno v kapitole 4) a poté s klasifikovaným modelem ověřit možnost použití třídíku resp. cenové databáze OTSKP. Dle výše uvedených cílů není předmětem podrobný návrh technického řešení. Navržené stavebně-technické řešení bude vycházet z obecných předpokladů funkčnosti a bude splňovat platnou legislativu.

Úroveň navržených modelů odpovídá LOD 300 až LOD 400, některé výrobky jsou navrhovány jako konkrétní, nicméně model jako takový nekonkretizuje jejich výrobce atp. Pouze jsou definovány přesnými rozměry a vlastnostmi.<sup>7</sup> V rámci zadání projektu a realizace odděleně (model stavby Design-Bid-Build) může takováto přesná definice znamenat problém z hlediska zákona 134/2016 Sb.<sup>8</sup> Z pohledu autora je tedy vhodné co nejdříve přejít na systém design & build, kdy bude dokumentace pro stavební povolení, respektive dokumentace prováděcí upravená rovnou v detailech dokumentace realizační. Druhou možností je vytvoření knihoven výrobků, nicméně zde je očekáván střet se zájmy

---

<sup>7</sup> Takto je nutné postupovat u výrobků, které mají značný vliv na samotný návrh uspořádání konstrukce nebo geometrie návrhu. Příkladem jsou železniční pražce, tvar a typ nástupní hrany, nebo i kolejnice.

<sup>8</sup> Zákon o zadávání veřejných zakázek, 134/2016 Sb. v platném znění k datu 2. 6. 2019.

správce/vlastníku duševního vlastnictví. Česká republika dlouhodobě neplánuje vytvářet národní knihovnu prvků.

Cílem diplomové práce není kontrola kolizí, z tohoto důvodu nebudou do modelů (ani fiktivně) importována data o stávajících inženýrských sítích.

BIM uses v rámci diplomové práce tedy jsou:

- Vytvoření 3D modelu navrhovaných prvků
- Tvorba 2D dokumentace (ve zjednodušeném měřítku)
- Tvorba výkazu výměr a jeho ocenění
- Vizualizace výstavby

### **3.2 Použité softwarové nástroje a jejich stručný popis a dostupnost**

#### *3.2.1 Autodesk Civil 3D*

(Dále jen Civil3D)<sup>9</sup>

Civil3D je aplikace určená pro modelování a projektování v oblasti dopravních a dalších liniových staveb. V oblasti dopravních staveb funguje de facto na rozvinutí vzorových příčných řezů po předem vytvořené ose.

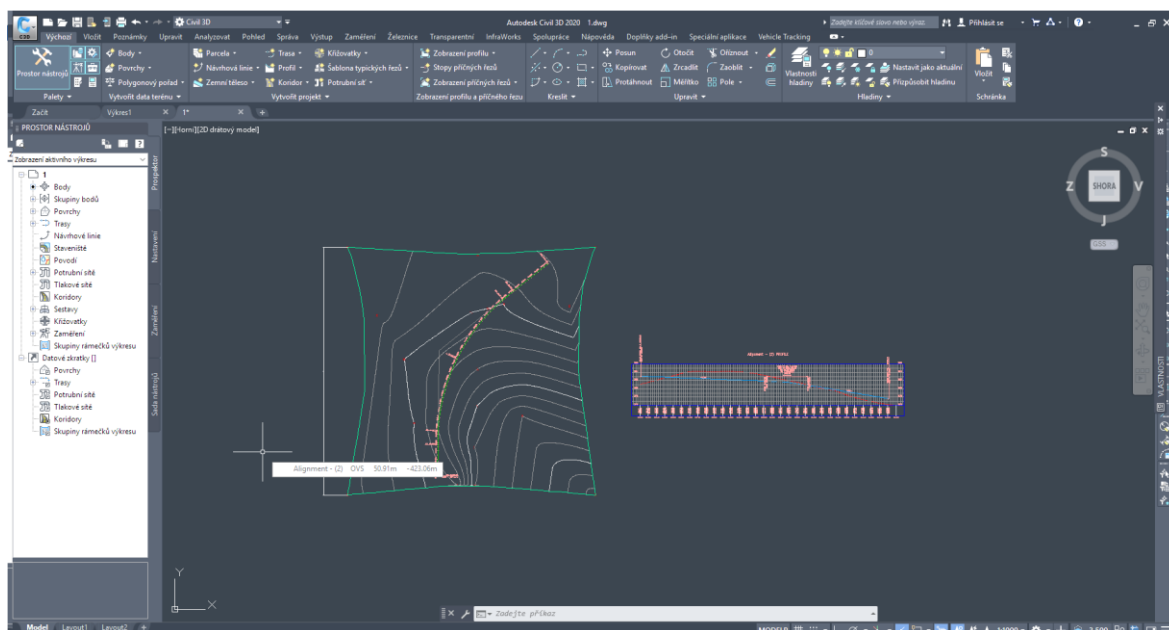
Vzorové příčné řezy tzv. sestavy (angl. Assemblies) jsou tvořeny z podsestav (angl.. Subassemblies). Zjednodušeně lze říct, že například sestava místní komunikace bude tvořena z podsestav jízdní pás, obrubník, chodník atp. Napojování podsestav je v podstatě neomezené ve dvou rozměrech, tzn. sestava je kombinace podsestav ve 2D. Třetí rozměr tvoří osa, niveleta a průběh klopení vozovky resp. převýšení koleje – takto vznikne tzv. koridor (corridor).

Z koridorů je následně možné:

- tvořit příčné řezy,
- exportovat linie rozvinutých vzorových řezů,
- tvořit výkazy materiálů, kubatur, hmotnice a podobně,
- exportovat části koridoru do 3D objektů (3D solids),
- následně exportovat do například do IFC formátu atd.

---

<sup>9</sup> Autodesk a Civil3D jsou registrované značky společnosti Autodesk, Inc.



Obrázek 5 Ukázka pracovního prostředí aplikace Autodesk Civil3D 2020

zdroj: autor

Zásadní nevýhodou je tvorba „spojitých“ 3D solids. Tzn. že 3D objekt probíhá přes celý region koridoru a dle toho se mu také zapisují hodnoty staničení začátku a konce. Rozdělení takovýchto 3D solids je možné, pomocí nástroje objektového programování Dynamo<sup>10</sup>. Nicméně autorovi se nepodařilo korektně doplnit rozdělené 3D solids vlastnostmi počátečního a koncového staničení. Proto byl pro tvorbu 3D modelu využit nástroj Ferrovía – viz kapitola 3.2.3.

Aplikace je po registraci pro studenty k dispozici zdarma.<sup>11</sup> Pro vytváření modelů je používána verze 2020 (13.2.890.0 Autodesk Civil 3D 2020).

### 3.2.2 Autodesk Subassembly Composer for Autodesk 2020

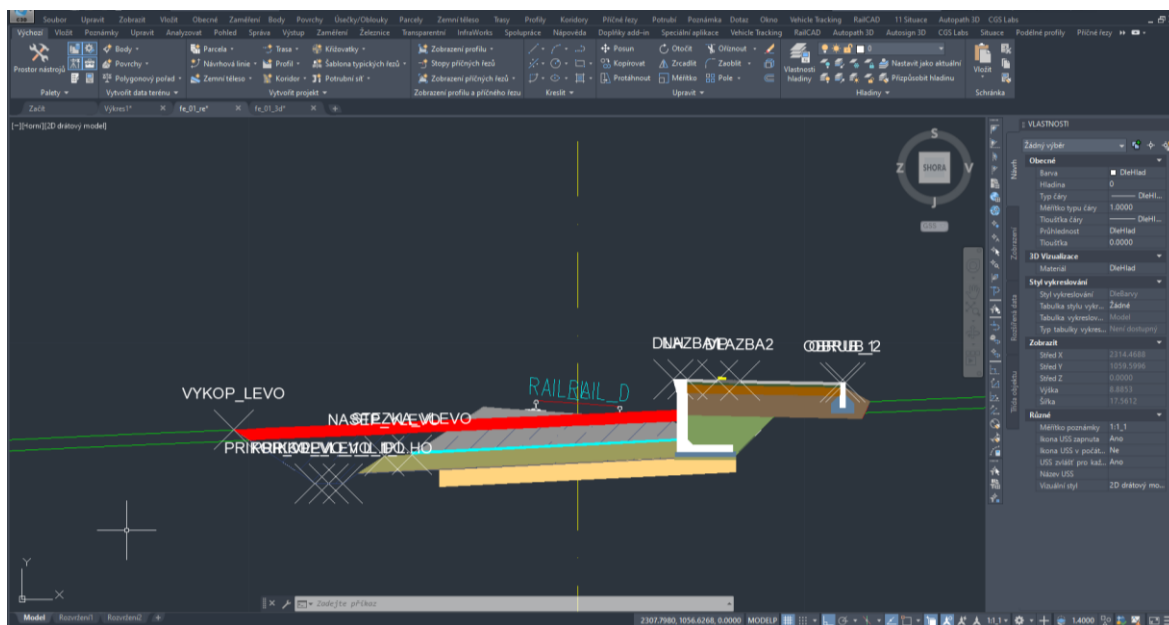
(Dále jen SAC)

Pomocí SAC lze navrhovat a vytvářet vlastní podsestavy. Dalo by se říci, že se jedná o zjednodušené objektové programování, protože v aplikaci lze vytvářet podmínky, závislosti atp. Teoreticky lze v případě správné algoritmizace vytvořit podsestavu na cokoliv. Pro samotné programování jsou využívány knihovny jazyka .NET Framework (například math class apod.).

<sup>10</sup> Od verze 2020 je nástroj Dynamo dostupný v Civil3D, dříve byl primárně vyvíjen a dostupný pouze uživatelům aplikace Autodesk Revit.

<sup>11</sup> Více informací zde: <https://www.autodesk.com/education/free-software/featured>





Obrázek 7 Ukázka pracovního prostředí nástroje Ferrovia - vzorový příčný řez s definovanými planimetrickými elementy pro výpočty kubatur a pro definici výstupu do 3D solid modelu  
zdroj: autor

Aplikace je označená jako BIM ready. V realitě to znamená, že umí exportovat 3D objekty (3D solids) a těmito definovat sady vlastností a takto exportovat do IFC verze 2x3.

Velkou výhodou je, že exportované 3D solids jsou rozděleny podle příčných řezů. Tzn., odpadá zdlouhavé programování a řešení jejich dělení po rozhodných úsecích a v hlavních bodech směrového a výškového návrhu.

Pomocí tohoto nástroje byl vytvořen 3D model, který je dále v práci použitý.

Aplikace je zdarma dostupná pro studenty, je nutné kontaktovat českého distributora a doložit doklady o studiu.

### 3.3 Příprava podsestav

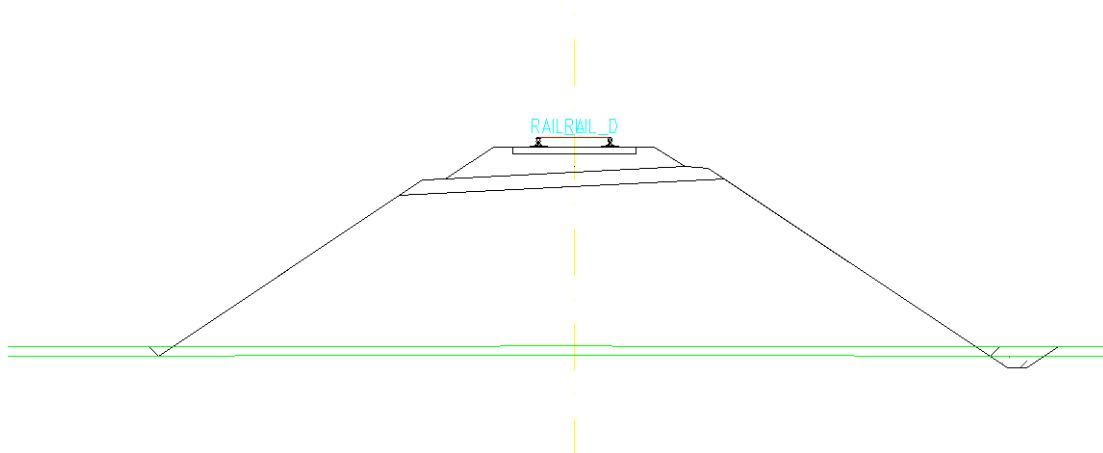
Autor měl k dispozici podsestavy pro Civil3D, které vytvořil již v minulosti, s ohledem na problémy při konečném exportu 3D modelu do 3D solids nebyl nakonec nástroj Civil3D pro tvorbu 3D modelu využit.

Prostorový model byl realizován v aplikaci Ferrovia. Filosofie návrhu vzorového řezu je v prostředí Ferrovia odlišná od Civil3D. Automatizovaně aplikace vkládá pouze kolejový rošt a kolejové lože.

Byly vytvořeny čtyři různé vzorové řezy, které byly dále pomocí maker rozkopírovány do dalších řezů.

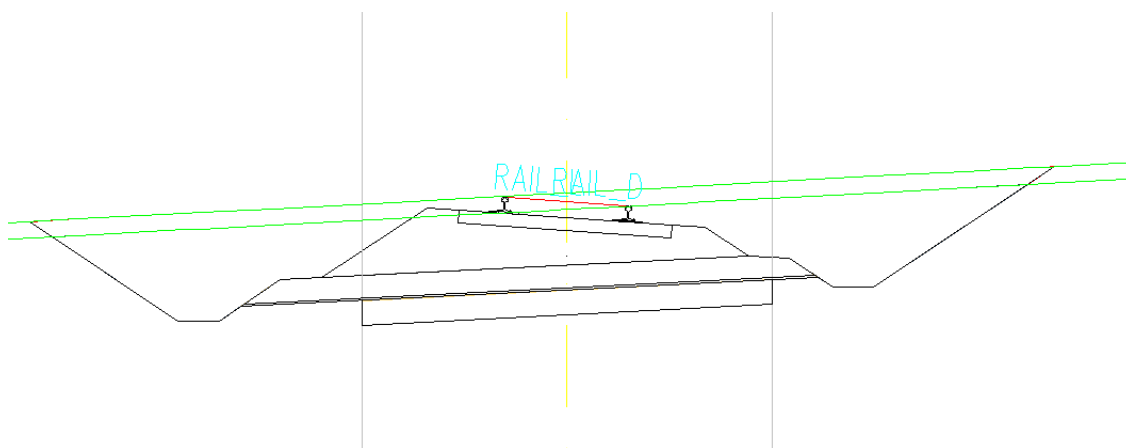


a) Kolej v náspu s patním příkopem vpravo



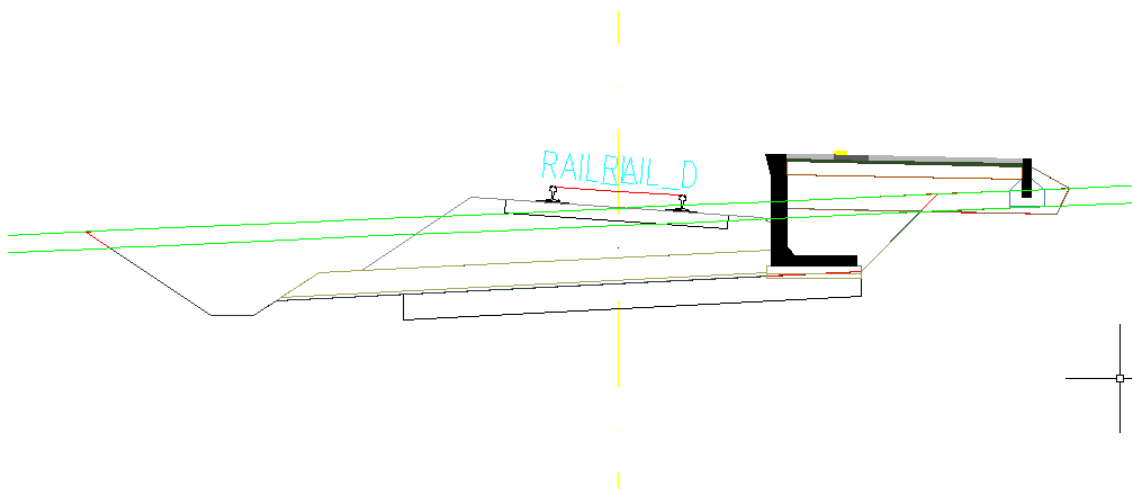
Obrázek 8 Vzorový řez koleje v náspu s patním příkopem vpravo  
Zdroj: autor

b) Kolej v zářezu s příkopy po obou stranách



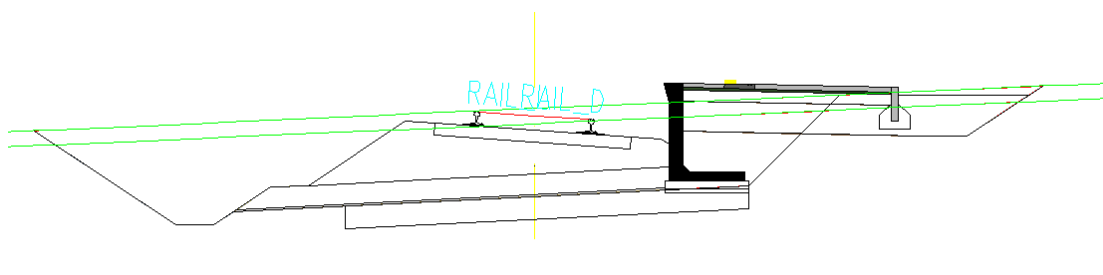
Obrázek 9 Vzorový řez koleje v zářezu s příkopy po obou stranách  
Zdroj: autor

c) Kolej v zářezu s nástupištěm v částečném náspu



Obrázek 10 Kolej v zářezu s nástupištěm v částečném násypu  
Zdroj: autor

d) Kolej v zářezu s nástupištěm v zářezu



Obrázek 11 Kolej v zářezu s nástupištěm v zářezu

Zdroj: autor

### 3.4 Model novostavby

#### 3.4.1 Základní předpoklady při realizaci modelu

Základem modelu je fiktivní digitální model terénu (DTM – digital terrain model). Tento je vytvořen autorem tak, aby umisťovaná stavba byla jak v zářezu, tak v násypu. Každá varianta umístění liniové stavby má svá specifika (například nutnost odvodnění a podobně). Model terénu je definován pomocí COGO bodů<sup>12</sup> s nadmořskou výškou 375m n. m. až 405 m n. m. Rozměr modelu terénu je přibližně 600 krát 600 metrů. Po vytvoření základního modelu terénu byl tento vyhlazen a optimalizován pomocí nástrojů pro úpravu terénu v rámci aplikace Civil 3D. Terén je uvažovaný jako travnatý s 200 mm tlustou vrstvou ornice. Pod ornici se nachází vrstva namrzavé zeminy (například zemina jílovitá) nespecifikované tloušťky. V rámci této zeminy bude navrženo založení tělesa dráhy.

Kolej bude navržena v souladu s platnou legislativou. Jedná se o fiktivní jednokolejnou trať v místě železniční zastávky, tzn. součástí modelu je nástupiště.

Takto vytvořený digitální model terénu je možné použít v aplikaci Ferrovia. Stejně tak i původně vytvořený návrh směrového řešení lze převézt jedním příkazem z prostředí Civil3D do prostředí Ferrovia.

#### 3.4.2 Stavebně konstrukční uspořádání modelu

##### a) Stavba v zářezu

V místě stavby v zářezu se předpokládá zvýšení únosnosti zemní pláně pomocí zlepšení vlastností zeminy zemní pláň doplněním hydraulického pojiva zeminovou frézou (v místě nástupiště protaženo až pod nástupiště. Na takto upravenou zemní pláň bude umístěna

<sup>12</sup> Jedná se o entitu aplikace Autodesk Civil3D®, která se chová podobně jako běžné body (points) v prostředí AutoCAD, nicméně v rámci aplikace Civil3D jsou umožněny některé specifické operace, které je upřednostňují právě před klasickými body.

konstrukční vrstva ze štěrkodrti. Na takto upravenou konstrukci železničního spodku bude zřízeno kolejové lože a kolejový rošt.

V zářezu budou realizovány příkopy po obou stranách – příkop vpravo má funkci náhorního příkopu, příkop vlevo odvodňuje zemní pláň.

#### *b) Stavba v náspu*

Po sejmutí ornice bude zřizováno násypové těleso ze zemin vhodných. Na takto zřízené násypové těleso bude umístěna konstrukční vrstva ze štěrkodrti. Na pláň tělesa železničního spodku bude zřízeno kolejové lože a kolejový rošt.

*Tabulka 1 Znárodnění jednotlivých konstrukčních úrovní u koleje v zářezu*

Konstrukční úroveň
Sejmutí ornice
Stabilizace zeminy
Separální geosyntetikum
Konstrukční vrstva
Kolejové lože
Pražec
Upevnění
Kolejnice

Z tabulky 1 je zřejmé rozvržení základní konstrukce koleje, které je připravováno na klasifikaci a další procesy jako tvorba 4D a 5D modelu.

### **3.5 Aplikace datového standardu**

S ohledem na fakt, že pro dopravní stavby je již vydána prozatímní verze datového standardu (6), je součástí této práce pokus o aplikaci tohoto standardu.

Datový standard má de facto dvě části. Jednou je průvodní text, kde jsou uvedeny požadavky na přesnost, definovány principy zobrazení a způsoby práce a distribuce modelu. Další částí jsou přílohy, jedna pro stavby pozemních komunikací, jedna pro železniční stavby. V přílohách jsou definovány skupiny vlastností pro jednotlivé elementy, které byly definovány na základě užití dat.

S ohledem na rozsah skupin vlastností a zároveň na jejich „připravenosti“<sup>13</sup>, budou v práci použity vlastnosti obdobné, užívané pro potřeby ocenění modelu a zároveň pro potřeby identifikace prvků.

### 3.5.1 Příklad definice elementu dle datového standardu

Pro potřeby pochopení funkce a účelu datového standardu, bude v této kapitole znázorněn způsob definice elementu osy koleje a jeho vlastností a to právě na základě DSS. Pro další elementy užívané v této práci bude použit pouze výčet skupin vlastností a vlastností, který bude samostatnou přílohou této práce.

#### a) Obecné požadavky

Definuje kapitola 3 (6)

- Souřadnicový systém S-JTSK – jelikož první kvadrant S-JTSK odpovídá třetímu kvadrantu<sup>14</sup> souřadného systému CAD software, budou souřadnice  $-x$  a  $-y$ , přičemž souřadnice  $-x$  ve výkresu odpovídá Y dle S-JTSK a souřadnice  $-y$  ve výkresu odpovídá X dle S-JTSK
- Základní jednotkou modelu je metr
- Vlastnosti elementů jsou popsány v češtině

#### b) Specifické požadavky na model železnice

Definuje kapitola 6.5 (6)

V datovém standardu je uvedeno následující: *Železniční svršek je reprezentován osou koleje, kolejnicovými pásy a staničením po hektometrech. Lomená čára osy koleje obsahuje kromě bodů v pravidelném intervalu i všechny charakteristické body směrového a výškového řešení. Osa je rozdělena do úseků podle tvaru kolejového roštu, ten je popsán formou negrafické informace. Dále jsou obdobně vyznačeny osy temen kolejnicových pásů, pražce nejsou zakresleny. Výhybky jsou vyznačeny jako vytyčovací schémata ve správné výšce.*

---

<sup>13</sup> Vlastnosti a sady vlastností by měly projít kompletní revizí, jelikož se v dokumentu objevují vlastnosti se stejným významem, ale jiným označením, nebo naopak vlastnosti, které jsou danému elementu přiřazeny nesprávně. Více v kapitole 3.5.2

<sup>14</sup> Tento způsob zobrazení vychází z definice S-JTSK a to hlavně umístění bodu „0“ a dále aplikaci Křováková promítání. Pokud to CAD software umožňuje, je vhodné mít jako souřadný systém výkresu definovaný systém EPSG:5514/ESRI:102067 tzn. systém S-JTSK East North (Greenwich)

Z výše uvedené citace z DSS vyplývá, že osa koleje je definována jako lomená čára (nejspíše ve 3D), která obsahuje všechny charakteristické body směrového a výškového řešení. Popisky geometrie osy jsou také připojeny, avšak v nulové výšce.<sup>15</sup>

c) *Specifikace sad vlastností a vlastností*

V příloze 2 (6) je v tabulce 2.1a k ose koleje uvedeno následující:

Skupina elementů	Typ elementu / objektu	Šablona vlastností složená z následujících skupin vlastností						Typ entity / přesnost	
		I	S	E	Z	M	F	Označení šablony PDPS	Přesnost
Osa koleje a železniční svršek	osa koleje	5	14	1	1		1	I5+S14+E1+Z1+F1	P1

Obrázek 12 Definice elementu a skupin vlastností osy koleje

Zdroj: Výstřižek z (6) příloha 2, tabulka 2.1a

Z výše uvedeného vyplývá že:

- element „Osa koleje“ je ve skupině elementů „osa koleje a železniční svršek“
- Typ entity je osa, dle Ifc se jedná o prvek IfcAlignment3D a požadovaná přesnost je P1
  - Přesnost P1 znamená, že vzepětí modelovaného elementu od náhradního polygonu musí být do 1 mm.
- Sada vlastností I5, neboli sada vlastností identifikace 5

SO/PS	String	[-]	SO 10-20-36, PS...	IfcLabel, A:LinearRefMethod	1
tratový úsek	String	[-]	1051	IfcCZNumberOfTU	0
definiční úsek	String	[-]	24	IfcCZNumberOfDU	0
číslo referenční koleje	String	[-]	1		
staničení začátku úseku	Enum	[km]	123,456	IfcCZStationingFrom	0
staničení konce úseku	Enum	[km]	123,456	IfcCZStationingTo	0
číslo a index koleje	String	[-]	2b, 2c, 2d		
Klasifikační systém	String	[-]	Název klasifikačního systému (OTSKP, ÚRS, CoClass)	IfcClassification	1
Označení položky	String	[-]	Označení položky v rámci klasifikačního systému (např. číslo položky)	IfcClassificationReference	1

Obrázek 13 Sada vlastností I5

Zdroj: Výstřižek z (6), příloha 2, tabulka „skupiny vlastností“

- Sada vlastností S14, neboli sada vlastností stavebního výrobku/konstrukce číslo 14

Typ stavebního výrobku	String	[-]	
tvář kolejnič	String	[-]	49E1, 60E2, R65
materiál kolejnič	String	[-]	R260, R350HT
základní délka kolejnič	SinglePrecision	[m]	25, 60, 75
výrobce kolejnič	String	[-]	
rok výroby kolejnič	Date	[-]	2008
stav kolejnič při vložení	String	[-]	N, U, R
druh kolejničových podpor	String	[-]	PR, MO, PD
materiál kolejničových podpor	String	[-]	D, B, OC
upevnění kolejnič	String	[-]	W14, KS, K
délka pražců	SinglePrecision	[m]	2,4; 2,6
výrobní typ pražců	String	[-]	B915, S88, D
rozdělení pražců	String	[-]	u, a, b
výrobce pražců	String	[-]	
rok výroby pražců	Date	[-]	2008
stav pražců při vložení	String	[-]	N, U, R
uspořádání koleje	String	[-]	bezstyková kolej, stykovaná kolej

Obrázek 14 Sada vlastností S14

Zdroj: výstřižek z (6), příloha 2, tabulka „skupiny vlastností“

<sup>15</sup> Z definice v DSS autor předpokládá, že popisky nedefinují osu, ani nejsou její součástí, jsou však součástí modelu.

- Sada vlastností E1, neboli sada vlastností etapizace 1

Zahájení	Date	[-]	DDMMRRRR, MMRRRR, RRRR	IfcTaskTime, A:ScheduleStart	1
Ukončení	Date	[-]	DDMMRRRR, MMRRRR, RRRR	IfcTaskTime, A:ScheduleFinish	1
Doba trvání	String	[-]	DD, MM, RR	IfcTaskTime, A:ScheduleDuration	1
Způsob stanovení	Enum	[-]	Plánovaný, vypočtený,...	IfcDataOriginEnum	1
Stavební postup / etapa výstavby	String	[-]	S1, S22	IfcTimePeriod	1

Obrázek 15 Sada vlastností E1

Zdroj: Výstřižek z (6), příloha 2, tabulka „skupiny vlastností“

- Sada vlastností Z1, neboli sada vlastností zobrazení 1

Textura / barva	String	[-]	200;90;20, RGB dle SPI a SGI ŘSD, RAL 8016	IfcColorRGB	1
Třída přesnosti	Enum	[-]	P1, P2, P3,...	IfcCZPrecision	0

Obrázek 16 Sada vlastností Z1

Zdroj: Výstřižek z (6), příloha 2, tabulka „skupiny vlastností“

- Sada vlastností F1, neboli sada vlastností fáze 1

Fáze	String	[-]	Provizorní stav, trvalý stav, k odstranění,...	IfcCZPhase	
------	--------	-----	--	------------	--

Obrázek 17 Sada vlastností F1

Zdroj: Výstřižek z (6), příloha 2, tabulka „skupiny vlastností“

V modelu jsou místo názvu vlastností použity třídy Ifc. Ifc třídy, které je možné převzít z aktuálně vydané verze Ifc budou převzaty, ty které autor v této verzi Ifc nedohledal, nebo ty, které potřebují dle názoru autora český ekvivalent, budou vytvořeny jako národní specifikace IfcCZ s anglickým názvem třídy. Například IfcCZSoilExcavationClass jako vlastnost třídy těžitelnosti zeminy podle ČSN 73 6133.

### 3.5.2 Použití předdefinovaných vlastností

S ohledem na stav předdefinovaných sad vlastností autor zhodnotil, že ne vždy je jejich výčet dostatečný případně správný. V některých sadách vlastností se vlastnosti de facto opakují, ale s jinými názvy. Například označení SO/PS, které je uvedené jak v rámci sady I1 tak i sady I5. Sady vlastností bude nejspíše nutné zrevidovat a jednotlivé vlastnosti upravit, sjednotit případně doplnit – například v sadě vlastností „Stavební prvek“ pro element sejmutí ornice – S3 – je uvedena pouze klasifikace zemin/hornin, nicméně bez dalšího vysvětlení není patrné dle čeho má být hornina nebo zemina klasifikována. Navíc v případě sejmutí ornice je z pohledu autora zbytečné ornici klasifikovat, jelikož OTSKP více nerozlišuje klasifikaci ornice. Naopak zde chybí definice tloušťky sejmutí ornice, která je z pohledu provádění zásadní, stejně tak i vzdálenost zemníku, kam bude ornice uložena – tato vlastnost je zásadní pro výpočet ceny vedlejší položky dopravy ornice.

### 3.5.3 Návrh sad vlastností

Každý prvek bude mít vytvořenou svou sadu vlastností. Inspirací nadále zůstává DSS. Nicméně byl vytvořen jakýsi bazén vlastností (viz Příloha 3), ze kterého jsou vlastnosti

čerpány. Primárně je pro účely této práce sledováno užití v rámci definování ceny a identifikace objektu v rámci prostoru.

#### 3.5.4 Definice sad vlastností v rámci software

V aplikačním prostředí Ferrovia, lze sady vlastností a jednotlivé vlastnosti definovat pomocí nástroje správce vlastností. V současné době je každý element omezen pouze na připojení jedné sady vlastností.

Lze také využít možnosti zápisu do xml souboru.<sup>16</sup>

Struktura XML:

```
<PropertySetCollection>
  <PropertySet name="název sady vlastností" id="identifikátor">
    <PropertyCollection>
      <Property name="název vlastnosti" id="identifikátor">
        <PropertyType>typ vlastnosti</PropertyType>
        <ValueType>typ hodnoty</ValueType>
        <Value>základní hodnota</Value>
      </Property>
    </PropertyCollection>
  </PropertySet>
</PropertySetCollection>
```

Obrázek 18 Struktura XML definující sady vlastností a vlastnosti aplikace Ferrovia

Zdroj: autor

Zápis vlastností, případně jejich následné přiřazení elementům lze kombinovat a to jak pomocí prostředí Ferrovia, tak lze využít i nativní prostředí Civil3D. Zde lze vyzdvihnout možnost práce se sadami vlastností pomocí nástroje Dynamo.

Jelikož je v této práci uvažováno jen s omezeným počtem vlastností, není ani možnost ručního přepsání problematická. U rozsáhlejšího projektu je tento postup nemyslitelný.

## 3.6 Výstupy

### 3.6.1 Ferrovia

Aplikace Ferrovia umí v tuto chvíli zpracovat data z příčných řezů pouze v podobě 3D objektů (3D solids). Tento způsob je nedostatečný s ohledem na nutnost exportovat povrchy, nebo dvourozměrné elementy – v rámci této práce se to týká:

---

<sup>16</sup> Zde je nutné si uvědomit, že každá sada vlastností má automaticky generovaný jednoznačný identifikátor, tzn., je nutné připravit si sady vlastností a ty teprve poté „naplnit“ vlastnostmi.

- Povrch původního terénu
- Povrchy po odečtení provedených prací (sejmutí ornice, výkopy, ...)
- Separační geotextilie
- Varovný nátěr na signálním pásu

Zároveň se tento problém týká i všech elementů, které je nutné vykazovat plošně, to jsou například dlažby a zlepšení zeminy pomocí frézy. Pro tyto případy jsou dvě východiska, modelovat elementy dvakrát, nebo doplnit možnosti software o výběr vykazované veličiny a případně o definování, která z „obalových“ ploch 3D tělesa bude ve vlastnostech vypsána.

Zachování dvou výše zmíněných elementů v 3D je nutné mimo jiné pro možnost kontroly kolizí a zároveň pro úplnost modelu. Proto jsou data modelována jako 3D tělesa a zároveň jejich rozhodující plochy jako 3D plochy (3D faces).

Další rozměr, který je nutné pro komplexní ocenění v modelu vykázat jsou délky. Konkrétně se to týká koleje, nástupní hrany a obrubníků. V případě nástupní hrany a obrubníků je opět více než vhodné ponechat jak 3D model, tak 2D model v podobě 3D křivky.

### 3.6.2 Civil 3D

Jelikož k dalšímu zpracování (cena + čas) bude primárně využit nástroj z „rodiny“ Autodesku a to konkrétně Navisworks Manage 2020, tak zpracování „problematických objektů“ proběhlo opět prostřednictvím nástrojů Civil 3D.

Z příčných řezů Ferrovie byly vyexportovány 3D křivky následujících objektů:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| • Nástupní hrana         | dále byla zpracována jako 3D křivka      |
| • Obrubník               | dále byl zpracován jako 3D křivka        |
| • 3D osa koleje          | dále byla zpracována jako 3D křivka      |
| • Hrany dlažby           | byl vytvořen TIN povrch <sup>17 18</sup> |
| • Hrany stabilizace      | byl vytvořen TIN povrch                  |
| • Hrany varovného nátěru | byl vytvořen TIN povrch                  |

Pro 3D křivky byly použity definice sad vlastností předtím definované v prostředí Ferrovie, kde musela být přidána automatická vlastnost délky.

<sup>17</sup> Z angl. Triangular Irregular Networks – tzn. povrch tvoření triangulační sítí

<sup>18</sup> Byly vytvořeny celkem tři povrchy, dlažba mezi prefabrikátem nástupní hrany a varovným pásem, varovný pás a dlažba mezi varovným pásem a obrubníkem.



Plochy TIN povrchů se nepodařilo vypsát automatickou vlastností, proto byly zadány vlastností uživatelskou – ruční. Zásadním nedostatkem takto získaných elementů je jejich kontinuita v celé délce a zároveň fakt, že nedokáží do svých vlastností „číst“ staničení. Jelikož se jedná o zásadní požadavky českého DSS, byly informace o chybějících funkcionalitách předány společnosti CGS Labs k dopracování.

K vytvoření 5D modelu jsou dále použity celkem tři soubory v nativním formátu DWG. Jedná se o soubory obsahující model koleje vyexportovaný z Ferrovie, model nástupiště vyexportovaný z Ferrovie a soubor s 3D křivkami a 3D tělesy z ručně vytvářených terénů.

## 4 Klasifikace 3D modelu

Jak je patrné z obrázku 19, tak i když znějí věci stejně, mají různý význam. Pro člověka je rozdíl patrný na první pohled, ale pokud budeme například hledat [i:gəl] pomocí hlasového ovládání bude nejspíše velice záležet na lokálním nastavení zařízení a vyhledávače. Ještě názornější může být v češtině synonymum pražec (Obrázek 20), vizuální rozdíl je na první pohled zřejmý, ale v případě počítačového zpracování může být jen dílem náhodného výběru to, jestli si počítač vybere pražec železniční, nebo pražec kytary – množství vstupních informací totiž bude nedostatečné.

Je nutné si uvědomit, že jedním z principů BIM je odstranění bariér. A to ve smyslu jazykových, zvyklostních a dalších lokálních bariér. Je tedy nutné, aby model byl klasifikovaný tak, že bude srozumitelný a jednoznačný pro všechny dotčené osoby, ale zároveň i pro výpočetní techniku resp. pro různé softwarové nástroje.



Obrázek 19 i:gəl vs. i:gəl

zdroje: [https://live.staticflickr.com/1708/25225263373\\_0016de9b74\\_b.jpg](https://live.staticflickr.com/1708/25225263373_0016de9b74_b.jpg) a <https://pixabay.com/de/photos/igel-tier-baby-niedlich-klein-468228/>; parafrázován Winfried Štix z videa : <https://www.youtube.com/watch?v=3k8caB10G-Q> citováno dne 23. 5. 2019



Obrázek 20 Pražec vs. Pražec

Zdroje: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/Tra%C5%A5\\_092%2C\\_detail\\_rozbit%C3%BDch\\_pra%C5%BEC%C5%AF\\_u\\_Net%C5%99eby.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/Tra%C5%A5_092%2C_detail_rozbit%C3%BDch_pra%C5%BEC%C5%AF_u_Net%C5%99eby.jpg) a <https://www.publicdomainpictures.net/pictures/100000/nahled/acorde-num-violao.jpg>

Z pohledu klasifikace modelů probíhají v rámci ČAS rešeršní a dokumentační práce pro nalezení vhodného klasifikačního systému. V rámci práce není uvažováno o využití některého ze stávajících českých klasifikačních systémů, resp. třídníků. Zdůvodnění tohoto kroku je uvedeno v kap. 4.1.

Cílem klasifikace je jednoznačné definování prvku/entity. Z hlediska přehlednosti je vhodné, aby prvek byl klasifikován pouze jednou a to za pomoci užití tříd a podtříd a podobně.

## **4.1 Vyloučení českých databází a klasifikačních systémů**

### *4.1.1 OTSKP – Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací*

S ohledem na zkušenosti autora a na výsledky rešerše ČAS (14) bylo určeno, že pro klasifikaci modelů vytvářených v rámci diplomové práce nebudou využity české systémy. Primárně by se nabízela databáze OTSKP<sup>19</sup> (15), která je vydávána MD prostřednictvím SFDI a pro investiční stavby SŽDC a ŘSD je v podstatě závazná, nicméně OTSKP je sám o sobě označen jako cenová soustava ve smyslu vyhlášky č. 169/2016 Sb.

OTSKP vychází z vývoje prováděného v minulém století a proto není možné očekávat a požadovat kompatibilitu s moderními metodami zpracování dat a BIM jako celku. Nicméně silnou stránkou třídníku je dobrá čitelnost a zpracovatelnost pro člověka. Cílem BIM je mimo jiné automatizované zpracování dat, proto tento systém nebude v této práci použit jako klasifikační. OTSKP umí s určitou přesností popsat jednotlivé prvky (u některých hrozí nutnost násobné klasifikace – jeden prvek bude klasifikován více kódy), ale nedokáže třídit budovy a inženýrská díla jako taková, pro tuto potřebu je kombinován například se systémy Klasifikace stavebních objektů a Klasifikace stavebních děl. (Příloha 6-17 (14))

S ohledem na respektování (v podstatě i určování) zvyklostí v rámci českého stavebního průmyslu bude OTSKP použit v kapitole 5 jako cenová databáze.

### *4.1.2 SNIM – Standard negrafických informací 3D modelu*

Primárně je nutné říci, že SNIM je v současné době vyvinut pouze pro oblast pozemních staveb. Z tohoto důvodu není využit pro klasifikaci modelů v této práci.

---

<sup>19</sup> OTSKP jako takový nebyl předmětem zkoumání v rámci (14), nicméně zde byl zkoumán jeho „mateřský“ třídník a to TSKP – třídník stavebních konstrukcí a prací.

SNIM je poměrně jednoduchý a přehledný klasifikační systém, který je vyvíjen pro české prostředí prostřednictvím czBIM. Odráží požadavky na zpracování dat, tzn., že definované parametry lze poměrně jednoduše dodefinovat do současně používaných softwarových nástrojů. SNIM umožňuje jednoznačně definovat a popsat konkrétní prvek.

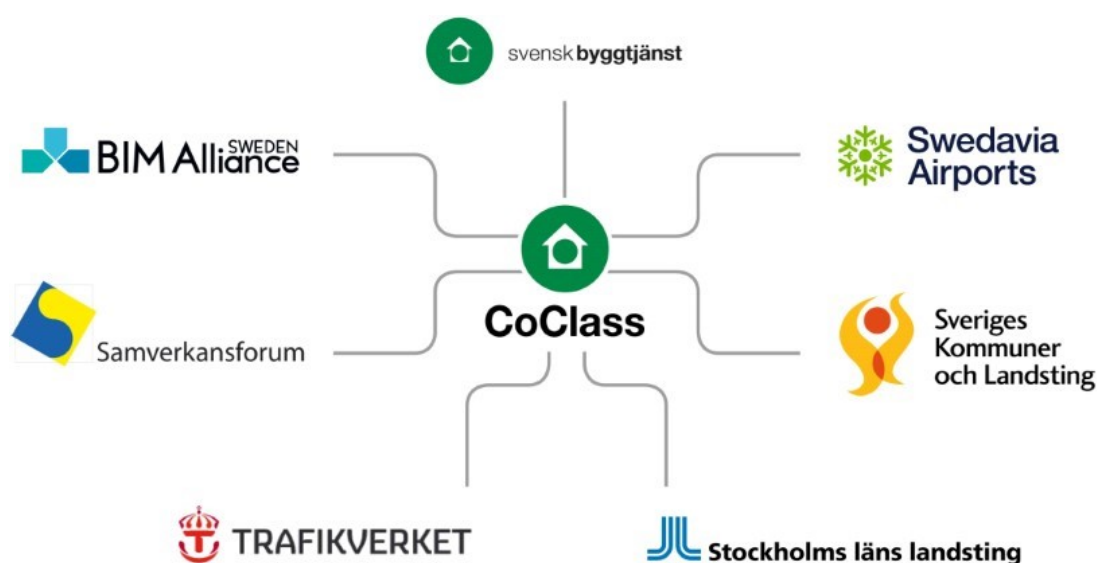
## 4.2 Výběr klasifikačního systému

Podobně jako v kapitole 4.1 vychází autor z vlastního poznání, ale hlavně z poznatků řešerů ČAS (14). Na základě celkového hodnocení výsledků klasifikačních systémů (kap. 3.1 (14)) byly pro klasifikaci modelů v rámci této práce vybrány dva klasifikační systémy – CCS a CoClass.

Systém CCS byl vyloučen z důvodu jazykové nekompatibility. Jedná se o systém Dánský a je dostupný (až na drobné výjimky) pouze v Dánštině. Jinak se jedná o komplexní a poměrně propracovaný systém. K nahlédnutí je klasifikace zdarma, pro podrobnější podklady a návody je nutné platit roční předplatné. (příloha 6-05 (14))

### 4.2.1 CoClass

Tento systém byl vybrán pro klasifikaci z důvodu své komplexnosti a úplnosti. Jedná se o švédský systém, který je součástí projektu BSAB 2.0, který si klade za cíl transformaci švédského průmyslu do podoby moderních standardů. Na vývoji se podílí například i Trafikverket (švédská organizace odpovědná za plánování, výstavbu, udržování a provozování dopravní infrastruktury) nebo Svensk Byggtjänst (informační společnost pro švédské stavebnictví zal. 1934).



Obrázek 21 Vlastníci klasifikačního systému CoClass

zdroj: [https://coclassprod.blob.core.windows.net/coclass-prod/coclass/images/admintexts/\\_CoClasssgare.jpg](https://coclassprod.blob.core.windows.net/coclass-prod/coclass/images/admintexts/_CoClasssgare.jpg)

V současné době je klasifikační systém téměř plně přeložen do angličtiny. Zdarma je možné prohlížet jednotlivé klasifikace, další možnosti jako například vlastní tvorba struktur a projektu je zpoplatněná.

Pro potřeby diplomové práce má autor k dispozici zdarma prémiovou (zpoplatněnou) verzi internetové aplikace a to CoClass Studio.

### 4.3 Klasifikace

Na základě CoClass bude tabulka 1 doplněna o kódy klasifikačního systému CoClass. Definováno bude pro kolej v náspu. Jelikož je systém CoClass dostupný pouze ve švédštině a angličtině, budou popisky primárně vycházet z angličtiny, avšak autor se pokusí o vysvětlení/přeložení anglických pojmů.

Struktura klasifikačního kódu:



Obrázek 22 Schéma architektury kódu CoClass  
zdroj: příloha 6-04 (14)

a) Předpona určující, co následuje – může nabývat hodnoty:

- = funkce (function)
- - produkt (product)
- + umístění, nebo lépe zařazení (placing)
- ++ umístění (location)
- % typ (type)
- # jiný aspekt (other aspect)

b) Pojmenování dle KS – jedno až třípísmenný kód

c) Oddělovací znak (odděluje jednotlivé úrovně zatřídění)

d) Pojmenování dle KS – jedno až třípísmenný kód

e) # - místo pro konkrétní číselné označení

f) Oddělovací znak (odděluje jednotlivé úrovně zatřídění)

g) Pojmenování dle KS – jedno až třípísmenný kód

h) # - místo pro konkrétní číselné označení

Tabulka 2 Přiřazení CoClass kódů - kolej v zářezu

Konstrukční CoClass úroveň						
Sejmutí ornice	<b>DAB</b>	<b>CAD</b>	<b>FDA</b>	<b>A10</b>	<b>CA10</b>	<b>UTB+UUF10</b>
Výkop					<b>CA10</b>	<b>UTB</b>
Stabilizace zeminy					<b>CA20</b>	<b>UMC</b>
Separační GTX				<b>A20</b>	<b>CA10</b>	<b>RQB50</b>
Konstrukční vrstva						<b>UTA</b>
Kolejové lože				<b>R</b>	<b>DA10</b>	<b>UTA</b>
,Kolej						<b>WRA</b>

Vysvětlení jednotlivých kódů:

- **DAB** – jedná se o označení stavebního komplexu, tzn. označení komplexu podle druhu výstavby. Tvorba kódu je **D** – dopravní komplex, **DA** – dopravní zařízení, **DAB** – železniční síť
- **CAD** – jedná se o označení stavebního prvku/objektu<sup>20</sup>. Tvorba kódu je **C** – Infrastructure facility, **CA** – Traffic facility, **CAD** – Railroad
- **FDA** – jedná se o označení stavebního prostoru, nebo prostoru obecně (space), **F** - prostor dopravy (traffic space), **FD** - je prostor „vedených“ vozidel, prostor dráhy (track space), **FDA** – prostor dráhy bez křížení (RailTrack – not intended for crossing)

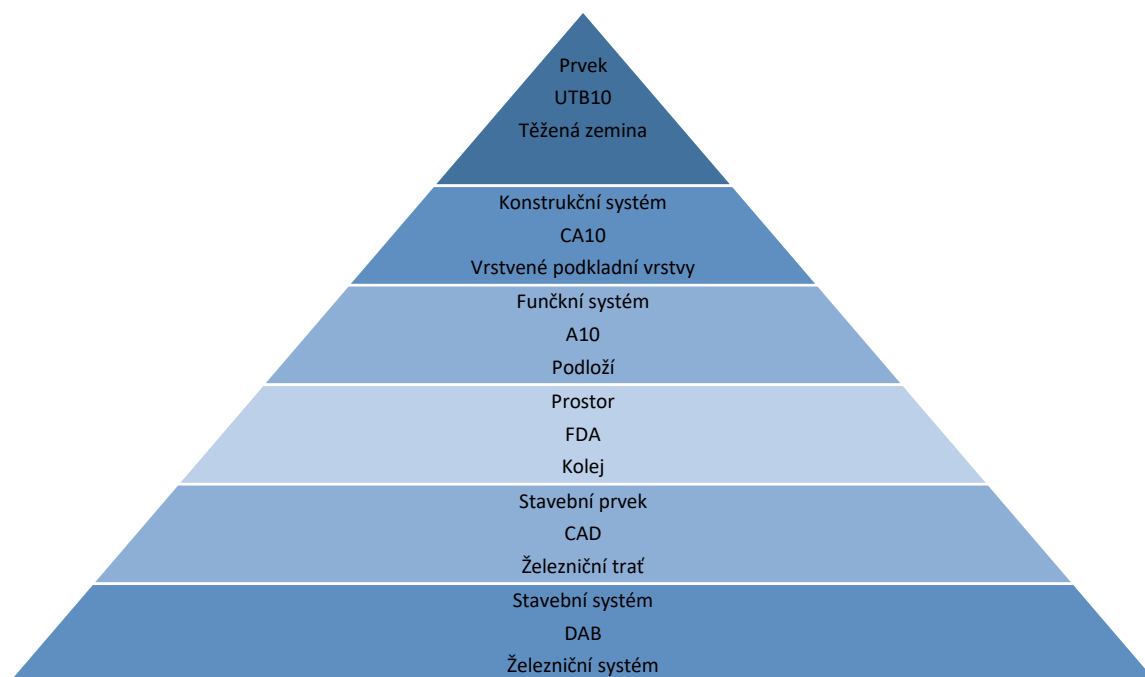
<sup>20</sup> Definice objektu je rozdílná oproti českým zvyklostem, v tomto případě není myšlen stavební objekt jako soubor činností a entit ve vazbě na provádění a další činnosti, ale jako ucelený objekt řešící typově stejné prvky a činnosti, tedy jako „železnice“.

- **Axx** – funkční systém, kdy kód **A** znamená „ground“ – tj. pozemek, půda, země, A10 je zemní systém poskytující oporu ostatním systémům, tvořícím prostor, A20 je systém založení, v našem případě konstrukce tělesa železničního spodku
- **R** – jedná se o funkční systém railway – železnice
- **C Axx** – Systém konstrukce – v podstatě lze popsat jako část funkčního systému s nějakou podřazenou funkcí, kód **C** znamená konstrukční systém na základním terénu, kód **CA** podkladní vrstvy, sejmutí ornice je tedy CA10 – vrstvené podloží, v systému podkladním tzn. sejmutí ornice. CA20 – podkladní vrstva vytvořená „zesílením“ – z angl.. reinforced, tzn. zlepšení vlastností a to právě provedením stabilizace zeminovou frézou. CA10 v systému A20 jsou samostatné konstrukční vrstvy tvořící těleso železničního spodku
- **D Axx** – jedná se o systém dvou kolejnic se štěrkem (ballasted railway track system), **D** znamená konstrukční systém železnice (Railway track construction system)
- **Popisy součástí** – components
  - **R** – omezující objekty – restricting objects
    - **RQ** – objekty stabilizující lokální prostředí – local climate stabilising objects
      - **RQB50** – membrána – v našem případě bude pomocí vlastností entity popsána jako separační geotextilie s minimální plošnou hmotností 300g/m<sup>2</sup>
  - **U** – podpůrné objekty – holding objects<sup>21</sup>
    - **UG** – horizontální nosný objekt – horizontal structural obj.
      - **UGA** – trám – beam – v našem případě, s ohledem na definovanou funkci R01 se jedná o pražec, pomocí vlastností bude popsán jako pražec železobetonový předepjatý...
    - **UM** – výztužné (zpevňující) objekty – reinforcing objects
      - **UMC** – zpevnění „vrstvou“ – reinforcing mass layer – v našem případě se bude jednat o stabilizaci zeminy hydraulickým pojivem zeminovou frézou
    - **UQ** – upevňovací objekty – fastening objects<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> S ohledem na požadavky datového standardu nebude v práci užíván element pražce ani element upevnění. V soupisu jsou tyto elementy uvedeny jako ukázky variability klasifikačního systému CoClass. Element obsahující celý kolejový rošt bude kolej – WRA.

- **UQB** – šroub, resp. upevňovací prvek s možností povolení sevření a opětovného sevření – bolt – v našem případě se bude jednat o vrtuli a svěrku
- **UT** – vrstvení – levelling objects
  - **UTA** – násyp – filling, kdy UTA01 bude vlastností definováno jako štěrkodrt' frakce 0-32 a dalších vlastností, jako ulehlost a podobně a UTA02 bude definováno jako štěrk frakce 31,5-63 a další řadou vlastností
  - **UTB** – výkop – excavation – v našem případě sejmutí ornice, v případě řešení v zářezu by bylo nutné doplnit ke kódu číslo, protože mimo sejmutí ornice by existoval ještě výkop jako takový
- **W** – vodící objekty – guiding objects
  - **WR** – drážní objekt – rail objects
    - **WRA** – kolej – rail track



Obrázek 23 Schéma struktury klasifikačního systému CoClass pro jeden prvek  
Zdroj: autor

Dále datový standard požaduje modelaci průjezdného průřezu. Průjezdný průřez bude sloužit ke kontrole kolizí. Ačkoliv se kolizemi v modelu tato práce nezabývá, bude využito možností klasifikačního systému a průjezdný průřez bude klasifikován kódem FFD. Výsledný kód tedy má podobu **DAB.CAD.FFD**.



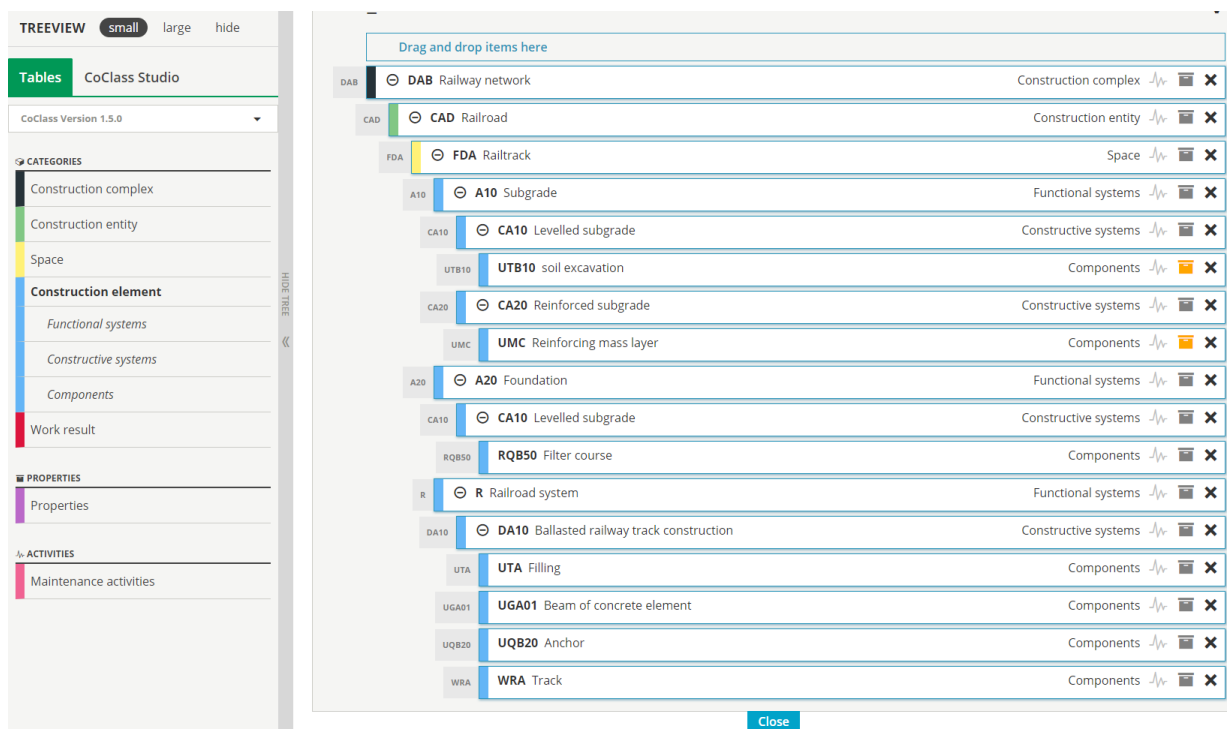
Model je klasifikovaný pouze po úroveň prvku – vlastnosti jsou definovány prostřednictvím sad vlastností a vlastností plynoucích z Datového standardu.

#### 4.3.1 CoClass studio

Aplikace CoClass studio umožňuje návrh struktury stavby a to jednoduchým způsobem „táhni a pusť“<sup>22</sup>. Jednotlivé entity lze navíc doplňovat o aktivity údržby a o vlastnosti. Aplikace dále umožňuje aktualizovat stávající strukturu na nové verze klasifikačního systému (nejedná se o maličkost, jen během zpracování diplomové práce bylo vydáno dvanáct verzí klasifikačního systému – 1.0.0 – 1.8.0)<sup>23</sup>.

Autor má aplikaci CoClass Studio v rámci zpracovávání diplomové práce k dispozici zdarma. Pro komerční využití je cena 7 800 SEK / rok.<sup>24</sup>

Aplikace má největší přidanou hodnotu v možnosti sdílení definované struktury s ostatními účastníky projektu a v možnosti přístupu prostřednictvím API rozhraní. Ani pro jednu z aplikací, v rámci práce použitých, nezná autor nástroj pro přístup do CoClass Studio prostřednictvím API rozhraní.



Obrázek 24 Náhled obrazovky webové aplikace CoClass studio s konceptem řešeného modelu

Zdroj: autor, výřez z <https://coclass.bygggtjanst.se/managestructures>

<sup>22</sup> Z angl. drag and drop

<sup>23</sup> Stav k datu 10. 11. 2019

<sup>24</sup> Cena bez daní, 7 800 SEK je přibližně 18 600 Kč – k datu 10. 11. 2019

## 5 Vytvoření 5D modelu

V rámci diplomové práce bude pro potřeby modelu ceny, tzn. oceněného 3D modelu použit třídník OTSKP. Třídník (resp. cenová databáze) je použit z důvodu jeho závaznosti pro státní investice do dopravní infrastruktury.

Z důvodu, že autor má k dispozici v otevřené podobě (\*.xls) pouze verzi OTSKP 2018, je v rámci práce použita právě tato cenová databáze.

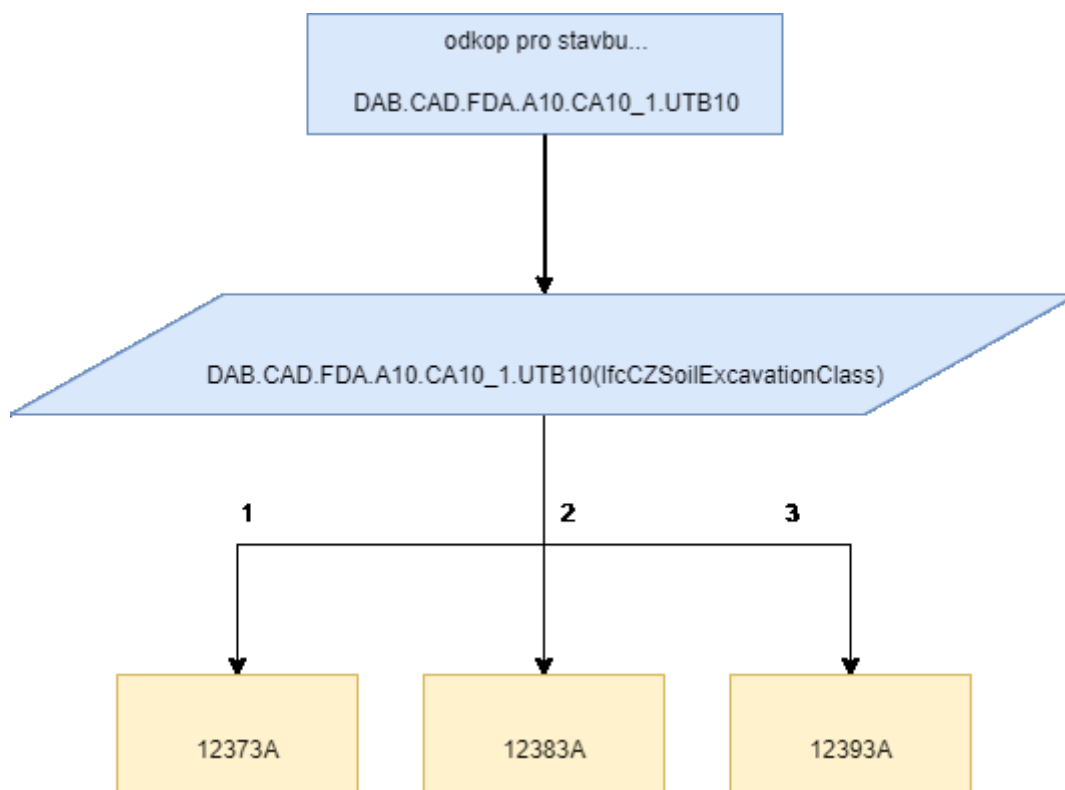
### 5.1 Způsob mapování klasifikovaných položek na OTSKP

Ke každému prvku modelu je v tabulce klasifikace (Příloha 1) přiřazen „hlavní“ kód položky OTSKP. Takovéto nalezení a přiřazení ekvivalentních položek je pro potřeby této práce nazýváno mapováním. „Hlavní“ položky jsou vybírány s ohledem na jejich možné rozšíření o položky „vedlejší“. Například k položce *12373A odkop pro spod stavbu silnic a železnic tř. I - bez dopravy* je jako „vedlejší“ položka přiřazena *12373B odkop pro spod stavbu silnic a železnic tř. I – doprava*.

V práci je mapování prováděno manuálně, nicméně jsou vyhledávány a v tabulce klasifikace (Příloha 1) popsány rozhodující části klasifikačního kódu, z této úvahy lze vyjít v budoucnu při přípravě cenových databází, resp. při vývoji oceňovacího algoritmu. Nejspíše se bude jednat o namapování každé jedné „hlavní“ položky k jejímu CoClass ekvivalentu. Podobný postup bude možný v rámci všech klasifikačních systémů, u systémů splňujících moderní požadavky na jejich strukturu stavby kódu bude toto mapování jednodušší.

#### 5.1.1 Položky definované vlastností prvku

Ve spoustě případů nelze přímo namapovat hlavní položku, protože její definice je přímo závislá na konkrétní vlastnosti prvku – například dříve zmíněná položka *12373A odkop pro spod stavbu silnic a železnic tř. I - bez dopravy* je definovaná třídou těžitelností dle ČSN 73 6133. Tyto vlastnosti je také nutné pojmenovat a hlavně zkontrolovat jejich výskyt v sadách vlastností přiřazených prvkům datovým standardem a jejich definování jako Ifc třídy. Rozhodující vlastnost je uvedena v tabulce klasifikace (Příloha 1) v rámci zápisu rozhodnutí. Princip algoritmu je uvedený na obrázku 25.



Obrázek 25 Princip rozhodování o hlavní OTSKP položce na základě vlastnosti prvku  
Zdroj: autor

Nejproblematictější je namapování k položce kolej (DAB.CAD.FDA.R.DA10.WRA) její výběr je totiž závislý na pěti vlastnostech:

- Tvaru použitých kolejnic (IfcCZRailType)
- Základní délce použitých kolejnicových pasů (IfcCZBasicRailLenght)
- Materiálu použitých pražců (IfcCZSleeperMaterial)
- Rozdělení pražců v ose (IfcCZSleepersSpacing)
- Typu upevnění (IfcCZRailFasteningType)

Z DSS je na příkladu této položky patrné, že je definován v souladu s agregací v OTSKP. Nicméně algoritmus rozhodující o konkrétní položce (z celkem 159 možných) by byl velice složitý. Na tomto místě by bylo vhodné rozložení agregované položky typu „zřízení koleje“ na položky:

- kolejnice s měrnou jednotkou [m], definované:
  - Typem/tvarem kolejnice (IfcCZRailType)
  - Základní délkou (IfcCZBasicRailLenght)
- pražce vystrojené [ks], definované:
  - Typem pražce (IfcCZSleeperType)

- Rozdělením pražců (IfcCZSleepersSpacing)
- Typem upevnění (IfcCZRailFasteningType)

Tabulka 3 Namapování položek OTSKP na klasifikaci CoClass

Konstrukční úroveň		CoClass				OTSKP	
Sejmutí ornice	<b>DAB</b>	<b>CAD</b>	<b>FDA</b>	<b>A10</b>	<b>CA10</b>	<b>UTB+UUF10</b>	<b>12110A</b>
Výkop					<b>CA10</b>	<b>UTB</b>	<b>12383A</b>
Stabilizace zeminy					<b>CA20</b>	<b>UMC</b>	<b>21566</b>
Separační GTX				<b>A20</b>	<b>CA10</b>	<b>RQB50</b>	<b>21461</b>
Konstrukční vrstva						<b>UTA</b>	<b>501101</b>
Kolejové lože				<b>R</b>	<b>DA10</b>	<b>UTA</b>	<b>512550</b>
Kolej						<b>WRA</b>	<b>523311</b>

## 5.2 Způsoby ocenění modelu

Ve chvíli, kdy jsou namapovány všechny entity modelu je nutné najít způsob, jak tyto entity ocenit. Jednoduchým způsobem může být export výkazu výměr do excelu (umožňuje jak software Civil3D tak Ferrovía) a přiřazení cen k jednotlivým výměrám.

U složitějších projektů je tuto problematiku nutné řešit komplexněji. V současné době autor nezná kalkulační nástroj, který by na základě předdefinované struktury mapování dokázal přeložit CoClass klasifikační kód na položky OTSKP. V rámci této práce byl zvolen program Autodesk Navisworks Manage 2020.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Dále jen Navisworks



„kreslíciho“ nebo kalkulačního) k dodání dat ve formě strojově čitelného a vhodně strukturovaného XML souboru.

V rámci Navisworks je možné definovat i doplňující položky ať již prostřednictvím výpočtu z vlastností prvků (například objem krát vzdálenost) nebo výpočtem z hlavních položek (položka výkopu krát vzdálenost).

### 5.3 Výstupy

Základním výstupem je tabulka výkazu výměr. Tato tabulka je vyhotovena v podrobnosti jednotlivých elementů připojených k rozpočtové položce (Items Raw - Obrázek 28) nebo po rozpočtových položkách (Group Raw - Obrázek 29) a dále jako celkový přehled (Groups Pivot Table - Obrázek 30). Items Raw je důležitý pro možnost rozpadu ceny na lokální elementy, může to být velice důležitá informace například pro dílčí fakturace a pro „live“ sledování prostavěných peněz.

WBS	Item	Object	ModelThickness	Mo	ModelVolume	Mo
12110A.1	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10	0,200 m		18,640 m³	
12110A.2	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (2)	0,200 m		18,044 m³	
12110A.3	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (3)	0,200 m		18,343 m³	
12110A.4	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (4)	0,200 m		19,580 m³	
12110A.5	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (5)	0,200 m		19,343 m³	
12110A.6	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (6)	0,200 m		19,386 m³	
12110A.7	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (7)	0,200 m		12,620 m³	
12110A.8	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (8)	0,200 m		7,824 m³	
12110A.9	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (9)	0,200 m		21,264 m³	
12110A.10	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (10)	0,200 m		22,359 m³	
12110A.11	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (11)	0,200 m		23,405 m³	
12110A.12	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (12)	0,200 m		24,420 m³	
12110A.13	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (13)	0,200 m		15,433 m³	
12110A.14	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (14)	0,200 m		9,603 m³	
12110A.15	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (15)	0,200 m		25,470 m³	
12110A.16	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (16)	0,200 m		25,246 m³	
12110A.17	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (17)	0,200 m		24,935 m³	
12110A.18	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	DAB.CAD.FDA.A10.CA10_1.UTB10+UUF10 (18)	0,200 m		24,600 m³	

Obrázek 28 Ukázka tabulky Items Raw - výstup z aplikace Navisworks  
Zdroj: autor

WBS	Item	Lengt	Ler	Area	A	Volume	V	Count	Co	PrimaryQuant	Pri
12110A	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	0,000		0,000		1 458,143 m <sup>3</sup>		66,000 ea		1 458,143 m <sup>3</sup>	
	ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II -										
12383A	BEZ DOPRAVY	0,000		0,000		2 992,455		75,000 ea		2 992,455 m <sup>3</sup>	
17110	ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSPŮ SE ZHUTNĚNÍM	0,000		0,000		4 344,693		45,000 ea		4 344,693 m <sup>3</sup>	
21461	SEPARAČNÍ GEOTEXTILIE	0,000		2 291,000		0,000		1,000 ea		2 291,000 m <sup>2</sup>	
21566	ÚPRAVA PODLOŽÍ HYDRAULICKÝMI POJIVY HL DO 0,5M	0,000		1 792,400		0,000		1,000 ea		1 792,400 m <sup>2</sup>	
45157	PODKLADNÍ A VÝPLŇOVÉ VRSTVY Z KAMENIVA							ea			
	ZŘÍZENÍ KONSTRUKČNÍ VRSTVY TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO										
501101	SPODKU ZE ŠTĚRKODRTI NOVÉ	0,000		0,000		1 100,923		63,000 ea		1 100,923 m <sup>3</sup>	
	KOLEJOVÉ LOŽE - ZŘÍZENÍ Z KAMENIVA HRUBÉHO										
512550	DRČENÉHO (ŠTĚRK)	0,000		0,000		1 516,054		66,000 ea		1 516,054 m <sup>3</sup>	
523311	KOLEJ 60 E2, ROZD. "U", BEZSTYKOVÁ, PR. DŘ., UP.	610,918		0,000		0,000		1,000 ea		610,918 m	
56110	PODKLADNÍ BETON	0,000		0,000		10,944		10,000 ea		10,944 m <sup>3</sup>	
56335	VOZOVKOVÉ VRSTVY ZE ŠTĚRKODRTI TL. DO 250MM	0,000		0,000		40,941		10,000 ea		40,941 m <sup>3</sup>	
	KRYTY Z BETON DLAŽDIC SE ZÁMKEM ŠEDÝCH TL 60MM										
582611	DO LOŽE Z KAM	0,000		466,560		0,000		2,000 ea		466,560 m <sup>2</sup>	
917211	ZÁHONOVÉ OBRUBY Z BETONOVÝCH OBRUBNÍKŮ ŠÍŘ	98,948		0,000		0,000		1,000 ea		98,948 m	
924420	NÁSTUPIŠTĚ L (H) BEZ KONZOLOVÝCH DESEK	99,629		0,000		0,000		1,000 ea		99,629 m	
	NÁSTUPIŠTĚ - VAROVNÝ PÁS ŠÍŘKY 0,40 M Z DLAŽDIC										
924912	S RELIEFNÍM POVRCHEM	0,000		39,770		0,000		1,000 ea		39,770 m <sup>2</sup>	
	NÁSTUPIŠTĚ - OPTICKÉ ZNAČENÍ NÁTĚREM ŠÍŘKY 0,15										
924913	M, ODSŤIN ŽLUTÁ 6200	0,000		14,920		0,000		1,000 ea		14,920 m <sup>2</sup>	
12383B	ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II -	0,000 m		0,000 m <sup>2</sup>		2 894,898 m <sup>3</sup>		65,000 ea		57 897,963	
	ZŘÍZENÍ BEZSTYKOVÉ KOLEJE NA STÁVAJÍCÍCH ÚSECÍCH										
549331	V KOLEJI	610,918 m		0,000 m <sup>2</sup>		0,000 m <sup>3</sup>		1,000 ea		610,918 m	
549111	BROUŠENÍ KOLEJE A VÝHYBEK	610,918 m		0,000 m <sup>2</sup>		0,000 m <sup>3</sup>		1,000 ea		610,918 m	
545111	SVAR KOLEJNIC (STEJNÉHO TVARU) 60 E2, R 65	610,918 m		0,000 m <sup>2</sup>		0,000 m <sup>3</sup>		1,000 ea		50,000 ea	
	NÁSLEDNÁ ÚPRAVA SMĚROVÉHO A VÝŠKOVÉHO										
542311	USPOŘÁDÁNÍ KOLEJE - PRAŽCE DŘEVĚNÉ NEBO	610,918 m		0,000 m <sup>2</sup>		0,000 m <sup>3</sup>		1,000 ea		610,918 m	
12110B	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - DOPRAVA	0,000 m		0,000 m <sup>2</sup>		1 504,687 m <sup>3</sup>		76,000 ea		30 093,747	

Obrázek 29 Groups Raw - výstup z Navisworks  
Zdroj: autor

Popisky řádků	Length	Width	Thickness	Height	Perimeter	Area	Volume	Weight	Count	PrimaryQuantity
BROUŠENÍ KOLEJE A VÝHYBEK	610,9183635	0	0	0	0	0	0	0	0	1 610,9183635
KOLEJ 60 E2, ROZD. "U", BEZSTYKOVÁ, PR. DŘ., UP. TUHÉ	610,9183635	0	0	0	0	0	0	0	0	1 610,9183635
KOLEJOVÉ LOŽE - ZŘÍZENÍ Z KAMENIVA HRUBÉHO DRČENÉHO (ŠTĚRK)	0	0	0	0	0	0	1516,054477	0	66	1516,054477
KRYTY Z BETON DLAŽDIC SE ZÁMKEM ŠEDÝCH TL 60MM DO LOŽE Z KAM	0	0	0	0	0	466,56	0	0	2	466,56
NÁSLEDNÁ ÚPRAVA SMĚROVÉHO A VÝŠKOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ KOLEJE - PRAŽCE DŘEVĚNÉ NEBO OCELOVÉ	610,9183635	0	0	0	0	0	0	0	0	1 610,9183635
NÁSTUPIŠTĚ - OPTICKÉ ZNAČENÍ NÁTĚREM ŠÍŘKY 0,15 M, ODSŤIN ŽLUTÁ 6200	0	0	0	0	0	14,92	0	0	1	14,92
NÁSTUPIŠTĚ - VAROVNÝ PÁS ŠÍŘKY 0,40 M Z DLAŽDIC S RELIEFNÍM POVRCHEM	0	0	0	0	0	39,77	0	0	1	39,77
NÁSTUPIŠTĚ L (H) BEZ KONZOLOVÝCH DESEK	99,62923603	0	0	0	0	0	0	0	1	99,62923603
ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II - BEZ DOPRAVY	0	0	0	0	0	0	2992,455465	0	75	2992,455465
ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II - DOPRAVA	0	0	0	0	0	0	2894,898149	0	65	57897,96297
PODKLADNÍ A VÝPLŇOVÉ VRSTVY Z KAMENIVA TĚŽENÉHO										
PODKLADNÍ BETON	0	0	0	0	0	0	10,9438972	0	10	10,9438972
SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	0	0	13,2	0	0	0	1458,142787	0	66	1458,142787
SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - DOPRAVA	0	0	0	0	0	0	1504,687325	0	76	30093,74651
SEPARAČNÍ GEOTEXTILIE	0	0	0	0	0	2291	0	0	1	2291
SVAR KOLEJNIC (STEJNÉHO TVARU) 60 E2, R 65 JEDNOTLIVÉ	610,9183635	0	0	0	0	0	0	0	1	50
ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSPŮ SE ZHUTNĚNÍM	0	0	0	0	0	0	4344,692719	0	45	4344,692719
ÚPRAVA PODLOŽÍ HYDRAULICKÝMI POJIVY HL DO 0,5M	0	0	0	0	0	1792,4	0	0	1	1792,4
VOZOVKOVÉ VRSTVY ZE ŠTĚRKODRTI TL. DO 250MM	0	0	0	0	0	0	40,94118025	0	10	40,94118025
ZÁHONOVÉ OBRUBY Z BETONOVÝCH OBRUBNÍKŮ ŠÍŘ 50MM	98,94795851	0	0	0	0	0	0	0	1	98,94795851
ZŘÍZENÍ BEZSTYKOVÉ KOLEJE NA STÁVAJÍCÍCH ÚSECÍCH V KOLEJI	610,9183635	0	0	0	0	0	0	0	1	610,9183635
ZŘÍZENÍ KONSTRUKČNÍ VRSTVY TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU ZE ŠTĚRKODRTI NOVÉ	0	0	0	0	0	0	1100,92286	0	63	1100,92286

Obrázek 30 Groups Pivot Table - výstup z Navisworks  
Zdroj: autor

Navisworks neumí primárně pracovat s cenou položky. Cenu lze definovat jako některou z volných proměnných (např. popis a podobně). Poté lze pomocí výpočtu celkového množství jednotkové množství vynásobit jednotkovou cenou.

V rámci této práce byl výstup oceněn pomocí tabulkového editoru Microsoft Excel, kdy byl výstup Groups Raw doplněn sloupci jednotková cena a celková cena. Tyto ceny byly definovány ručně. Nicméně Navisworks umí výkaz výměr exportovat do XML, tzn., že je možný import do kalkulačních programů, nebo CDE umožňujících práci s penězi.

Výsledná cena položek je definována jako součin počtu měrných jednotek s jednotkovou cenou. V rámci práce je počítána pouze cena bez DPH.

WBS	Item	Primary Quant	Pri	Price	Total Price
12110A	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - BEZ DOPRAVY	1 458,143 m <sup>3</sup>		33,00 Kč	48 118,71 Kč
12383A	ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II - BEZ DOPRAVY	2 992,455 m <sup>3</sup>		351,00 Kč	1 050 351,87 Kč
17110	ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSPŮ SE ZHUTNĚNÍM	4 344,693 m <sup>3</sup>		56,00 Kč	243 302,79 Kč
21461	SEPARAČNÍ GEOTEXILIE	2 291,000 m <sup>2</sup>		70,00 Kč	160 370,00 Kč
21566	ÚPRAVA PODLOŽÍ HYDRAULICKÝMI POJIVY HL DO 0,5M	1 792,400 m <sup>2</sup>		147,00 Kč	263 482,80 Kč
501101	ZŘÍZENÍ KONSTRUKČNÍ VRSTVY TĚlesa ŽELEZNIČNÍHO SPODKU ZE ŠTĚRKODRTI NOVÉ	1 100,923 m <sup>3</sup>		937,00 Kč	1 031 564,72 Kč
512550	KOLEJOVÉ LOŽE - ZŘÍZENÍ Z KAMENIVA HRUBÉHO DRCENÉHO (ŠTĚRK)	1 516,054 m <sup>3</sup>		987,00 Kč	1 496 345,77 Kč
523311	KOLEJ 60 E2, ROZD. "U", BEZSTYKOVÁ, PR. DŘ., UP.	610,918 m		10 240,00 Kč	6 255 804,04 Kč
56110	PODKLADNÍ BETON	10,944 m <sup>3</sup>		2 760,00 Kč	30 205,16 Kč
56335	VOZOVKOVÉ VRSTVY ZE ŠTĚRKODRTI TL. DO 250MM	204,706 m <sup>2</sup>		170,00 Kč	34 800,00 Kč
582611	KRYTY Z BETON DLAŽDIC SE ZÁMKEM ŠEDÝCH TL 60MM DO LOŽE Z KAM	466,560 m <sup>2</sup>		598,00 Kč	279 002,88 Kč
917211	ZÁHONOVÉ OBRUBY Z BETONOVÝCH OBRUBNÍKŮ ŠÍŘ	98,948 m		208,00 Kč	20 581,18 Kč
924420	NÁSTUPIŠTĚ L (H) BEZ KONZOLOVÝCH DESEK	100,000 m		4 655,00 Kč	465 500,00 Kč
924912	NÁSTUPIŠTĚ - VAROVNÝ PÁS ŠÍŘKY 0,40 M Z DLAŽDIC S RELIEFNÍM POVRCHEM	99,425 m		439,00 Kč	43 647,58 Kč
924913	NÁSTUPIŠTĚ - OPTICKÉ ZNAČENÍ NÁTĚREM ŠÍŘKY 0,15 M, ODSŤÍN ŽLUTÁ 6200	99,467 m <sup>2</sup>		91,00 Kč	9 051,47 Kč
12383B	ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II - ZŘÍZENÍ BEZSTYKOVÉ KOLEJE NA STÁVAJÍCÍCH ÚSECÍCH V KOLEJI	57 897,963		20,00 Kč	1 157 959,26 Kč
549331	BROUŠENÍ KOLEJE A VÝHYBEK	610,918 m		116,00 Kč	70 866,53 Kč
549111	SVAR KOLEJNIC (STEJNÉHO TVARU) 60 E2, R 65	610,918 m		308,00 Kč	188 162,86 Kč
545111	NÁSLEDNÁ ÚPRAVA SMĚROVÉHO A VÝŠKOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ KOLEJE - PRAŽCE DŘEVĚNÉ NEBO	50,000 ea		5 306,00 Kč	265 300,00 Kč
542311	ÚPRAVA SMĚROVÉHO A VÝŠKOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ KOLEJE - PRAŽCE DŘEVĚNÉ NEBO	610,918 m		86,00 Kč	52 538,98 Kč
12110B	SEJMUTÍ ORNICE NEBO LESNÍ PŮDY - DOPRAVA	30 093,747		14,00 Kč	421 312,45 Kč
<b>celkem</b>					<b>13 588 269,04 Kč</b>

Obrázek 31 Výsledná cena modelu

Zdroj: autor

Vedlejší rozpočtové náklady se v rámci ceníku OTSKP neuvádějí, jejich hodnota je již rozpuštěna v jednotkových cenách.

Z ceníku je patrný důsledek agregace položek. Například položka 542311 „následná úprava směrového a výškového uspořádání koleje...“ neodpovídá výsledné ceně. Pokud se bude jednat o samostatnou stavbu, tak náklady<sup>26</sup> na jednu pracovní směnu stroje 08-32 Duomatic bez pluhu šterkového lože jsou 139 000 Kč, cena za nasazení je 90 000 Kč a přepravní cena je 285 Kč/km. To znamená, že i kdyby stroj stihl podbit celý úsek 611 m za jednu pracovní směnu, tak jen provozní náklady budou 229 000 Kč bez DPH. Tuto odchylku lze řešit upravenou položkou (R - položka), v tom případě musí být použít ceny mimo ceník odůvodněné a pečlivě popsané v technické specifikaci. Stejný „problém“ se týká například i broušení a svařování kolejnic.

Z výše platného ceníku je patrné, že pokud nebude v ceníku nastavena např. minimální cena položky, tak zásah člověka je nepostradatelný.

<sup>26</sup> Zdroj cen: ceník Hrochoštroj a.s. – citováno 24. 11. 2019

Dostupné: <https://www.hrochoštroj.cz/data/Files/pages/5d5fd0970c10221.pdf>



## 6 Způsoby zobrazení a tvorby 4D modelu

Časový model bude tvořen v nástroji Navisworks. Tento nástroj byl zvolen proto, že je přímo určený k tvorbě a práci s časovým modelem. Stejný nástroj byl použitý i v rámci tvorby „peněžního“ modelu – o tomto pojednává kapitola 5.

### 6.1 Definice posloupností

Pro potřeby tvorby časového modelu je nutné, aby měl projektant již ve fázi modelování rozmyšlené a nadefinované alespoň přibližné časové a funkční návaznosti. Posloupnost prací v rámci této práce je volena takto:

1. Sejmutí ornice	ŽSp
2. Výkopy	ŽSp
3. Stabilizace frézou	ŽSp
4. Nasypávání	ŽSp
5. Sejmutí ornice	Nást
6. Výkopy	Nást
7. Rozprostření geosyntetik	ŽSp
8. Zřízení konstrukce ŽSp	ŽSp
9. Zřízení kolejového lože	ŽSv
10. Zřízení koleje	ŽSv
11. Zřízení podkladních vrstev nástupní hrany	Nást
12. Uložení prefabrikátu nástupní hrany	Nást
13. Svařování a zřízení bezстыkové koleje	ŽSv
14. Zřízení zásypů	Nást
15. Zřízení obrub	Nást
16. Zřízení povrchu nástupiště	Nást
17. Provedení varovného nátěru	Nást
18. Následná úprava koleje <sup>27</sup>	ŽSv

---

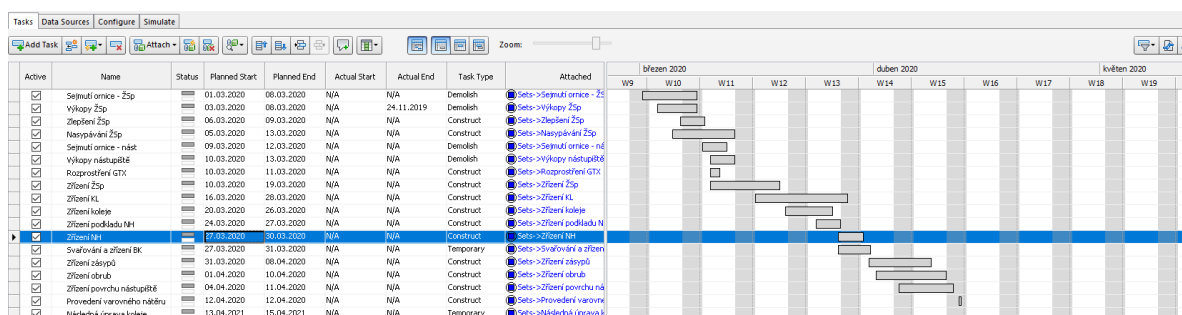
<sup>27</sup> Následnou úpravou koleje je myšlena směrová a výšková úprava automatickou strojní podbíječkou a to po konsolidaci koleje, zpravidla to bývá min. po 6 měsících provozu. Směrová a výšková úprava koleje v rámci stavby je zahrnuta položce 523311 „zřízení koleje“.

## 6.2 Nastavení časových vazeb

Po vytvoření sledu jednotlivých prací byly autorem odhadnuty doby provádění. Fiktivní stavba začíná 1. 3. 2020 a končí 13. 4. 2020, trvá celkem 44 dnů. Do této doby není zahrnuta následná úprava koleje, která je v harmonogramu navržena na datum 13. a 14. 4. 2021.

Časové vazby jsou nastavovány ručně a to přímo datem zahájení prací na konkrétních položkách a konečném datu prací.

Chování elementů v simulaci řídí nastavení jejich typu, v tomto modelu jsou definovány tři typy: nová konstrukce (Construct), dočasná konstrukce (Temporary) a demolice (Demolish).



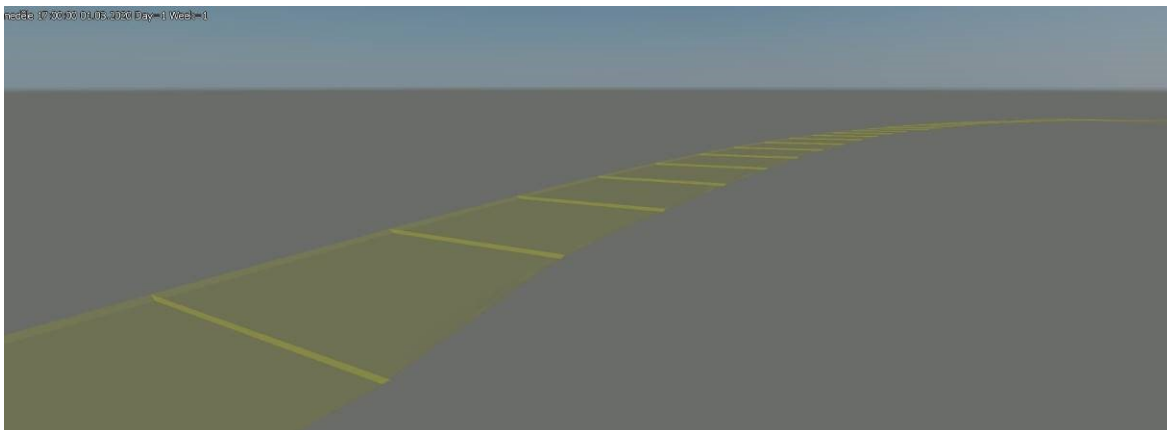
Obrázek 32 Náhled na definici časových vazeb jednotlivých procesů  
Zdroj: autor

## 6.3 Výstupy

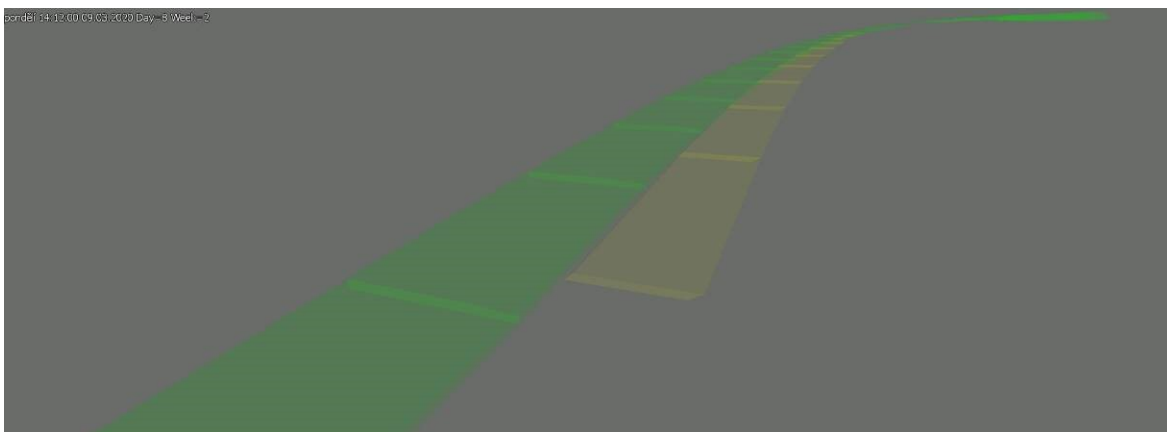
Primárním výstupem je export XML souboru pro potřeby aplikace Microsoft Project, zároveň je zde možnost exportovat do .csv souboru.

Dalším zásadním výstupem je vizualizace provádění. Je možné animaci exportovat do .avi souboru, případně jednotlivých obrázků v konkrétních dnech. Tato možnost je už konkrétní aplikací BIM, kterou lze využít v rámci realizace. Když bude mít například stavbyvedoucí z přípravy podrobně připravený časový model, může sám sobě, ale hlavně svým spolupracovníkům ukázat, jak má stavba vypadat v libovolném dni – viz obrázky 33 až 38.

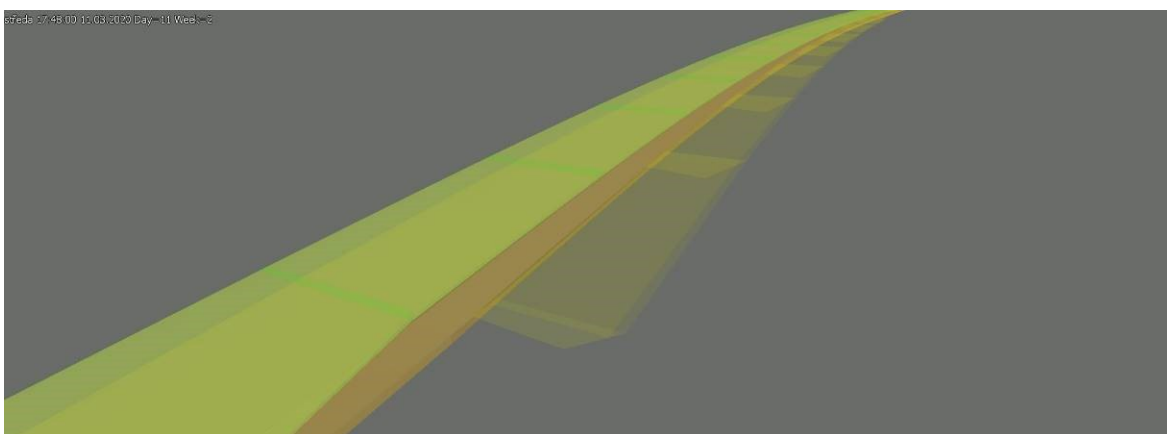
Simulace výstavby je také zcela zásadní pro návrh plánu organizace výstavby a zařízení staveniště. S ohledem na to, že máme v ruce nástroj, který umožní vidět model v jakémkoliv čase a v jakémkoliv pohledu, je nutné si uvědomit, že projektant a posléze připravář zhotovitele musí propracovat všechny dimenze modelu do takových detailů, které mohou být problematické během realizace.



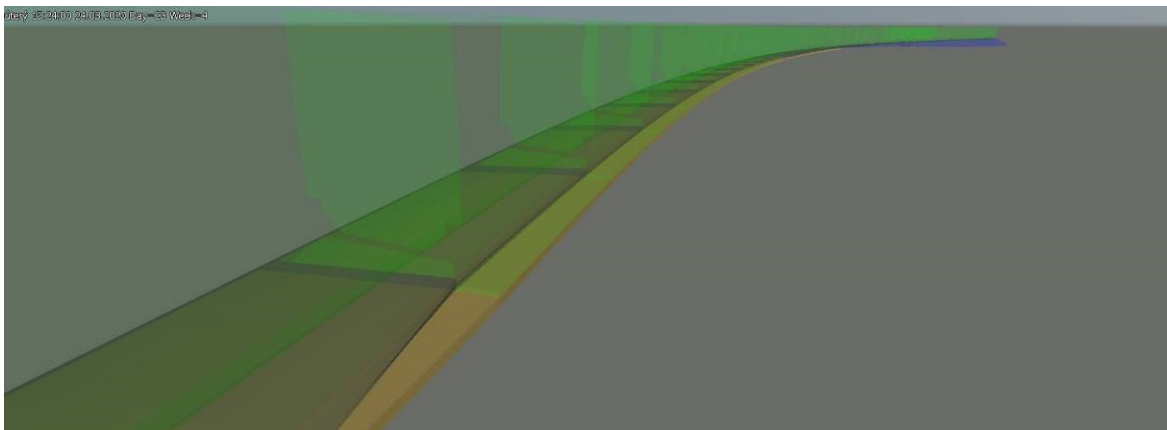
*Obrázek 33 Postup 1 - sejmutí ornice ŽSp (žlutě)  
Zdroj: autor*



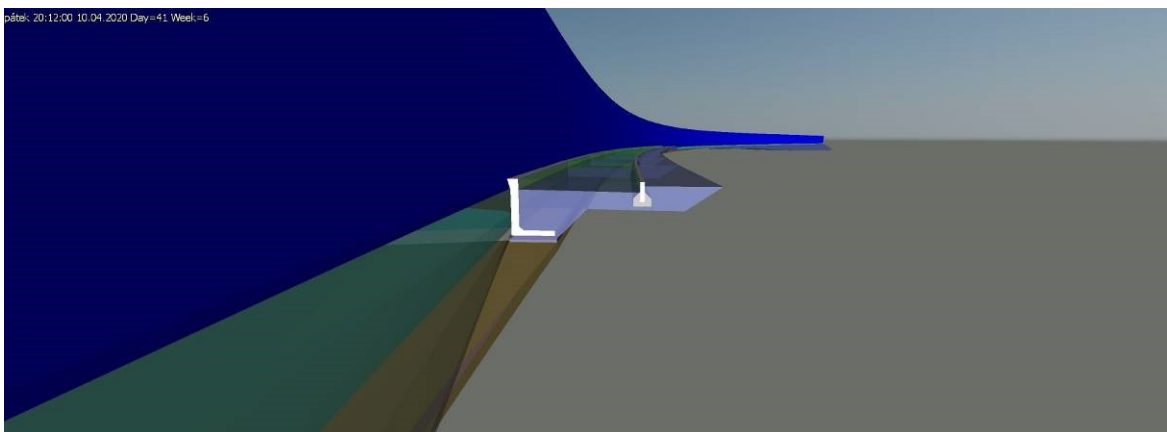
*Obrázek 34 Postup 5 - realizované zlepšení zeminy zemní pláň (zeleně) a sejmutí ornice nástupiště v realizaci  
Zdroj: autor*



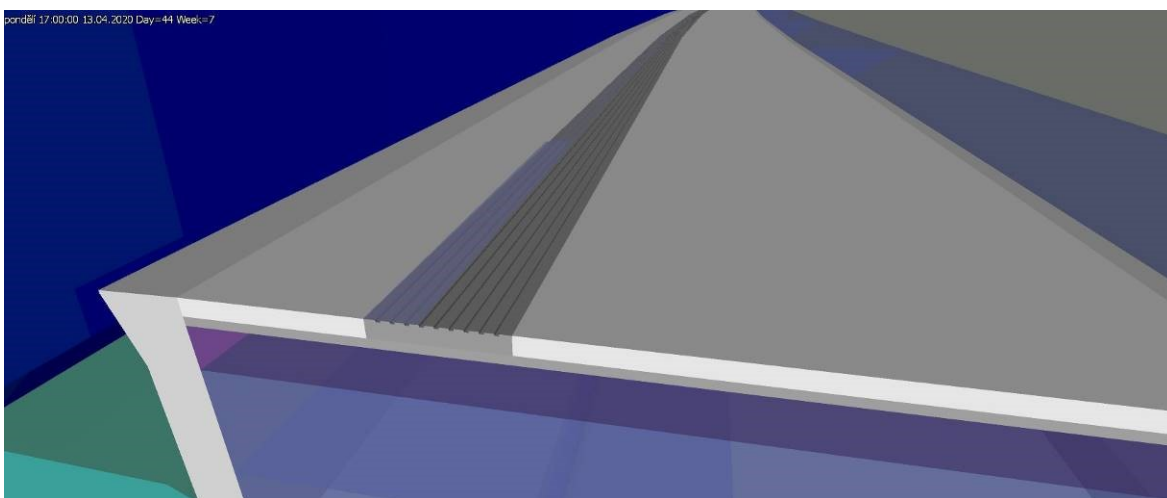
*Obrázek 35 Postup 8 - zřizování konstrukční vrstvy ze štěrkodrti (žlutě), realizovaná stabilizace a výkopy pro nástupiště  
Zdroj: autor*



*Obrázek 36 Postup 11 - zřizování koleje (zelený průjezdný průřez) a podkladních vrstev nástupní hrany*  
*Zdroj: autor*



*Obrázek 37 Postup 16 - zřizování pochozí plochy nástupiště, realizovaná nástupní hrana, obruby a kolej*  
*Zdroj: autor*



*Obrázek 38 Finální podoba nástupiště včetně nátěru varovného pásu*  
*Zdroj: autor*

## 7 Návrh přenosu základních dat pro správu a údržbu liniové stavby

### 7.1 Vazba na datový standard a úplnost požadovaných informací

V první řadě je nutné uvést, že požadované negrafické informace jsou odpovídající modelu pro provádění stavby. Z tohoto důvodu nelze tento model použít pro potřeby správy stavby. Autor má povědomí o interních předpisech SŽDC o pasportu a kontrolách koleje, které by bylo vhodné na model aplikovat, ale s ohledem, že ještě nebyl vydán DSS pro model skutečného provedení (as-build), nebude v této práci tento stupeň negrafických informací zpracován.

Rozsah grafických informací by byl pro potřeby správy zřejmě příliš rozsáhlý a s ohledem na přehlednost pro koncové uživatele, je vhodné uvažovat o agregaci. Možná agregace může vypadat například jako Tabulka 4. Práce si neklade za cíl definovat uspořádání grafických a negrafických informací modelu. Vznik takového sumáře je otázkou diskuze mezi správci DSS a správci infrastruktury a je nutné klást důraz na účelnost evidovaných dat.

Zároveň je nutné si uvědomit, že SŽDC má již dnes systémy pro správu svěřeného majetku, proto je očekávatelné, že bude požadována integrace informací z modelu do stávajících systémů.

Tabulka 4 Návrh možné agregace grafických elementů modelu

Agregovaný element	Element	Sledované negraf. inform.
<b>Kolej</b>	Průjezdny průřez	Volný průjezdny průřez
	Kolej	Prostorová poloha koleje
	Kolejové lože	Rozchod koleje
	Konstrukční vrstvy	Tvar kolejového lože
	Přikopy	Stav materiálu kolejového lože
		Šířka drážních stezek
		Propustnost kčních vrstev
		Únosnost konstrukce ŽSp
		Stav ochranného pásma dráhy
		Stav odvodnění a další

<b>Drážní těleso</b>	Násep Zemní pláň Parapláň	Únosnost Vodní režim Stabilita Povrchová eroze
<b>Nástupiště</b>	Prefabrikát nástupní hrany Povrch nástupiště Zásypy nástupiště Varovný nátěr	Prostorová poloha nástupní hrany Stav pochozích ploch Stav varovného nátěru Volnost pochozích šířek a další

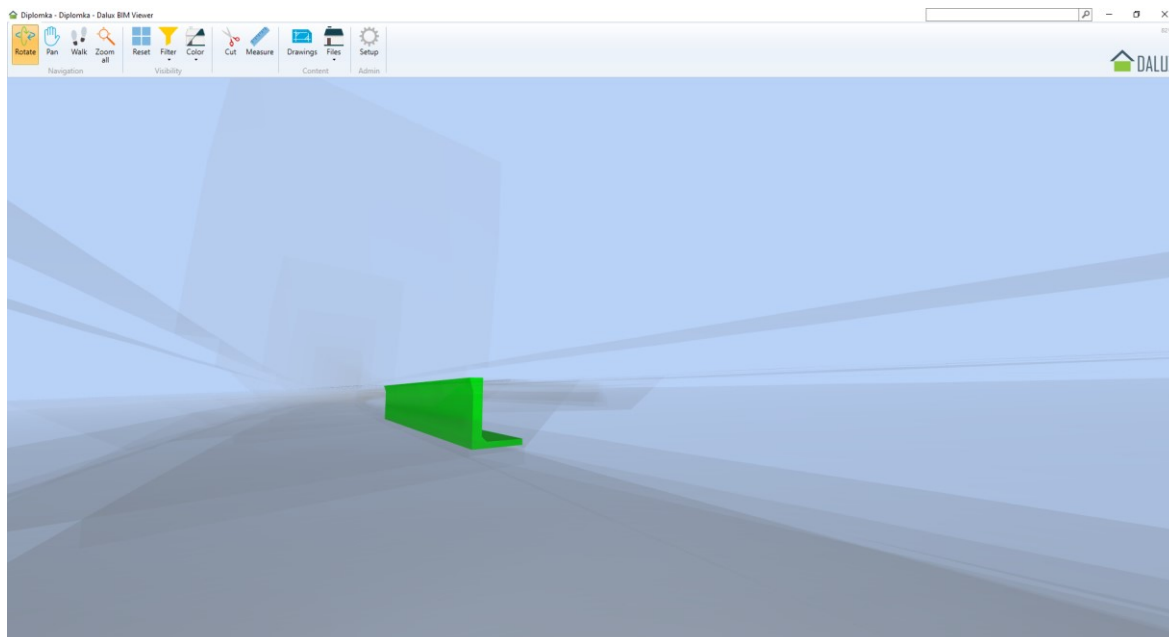
## 7.2 IFC model

V rámci České republiky panuje široká shoda na tom, že primárním migračním datovým formátem informačního modelu bude formát IFC. Problematický je mnohdy export do tohoto formátu. V oblasti pozemních staveb má formát dlouhodobou tradici, v případě liniových staveb tomu takto není a jak je ukázáno i v této práci, ne vždy je možné splnit přání projektanta nebo nařízení v DSS.

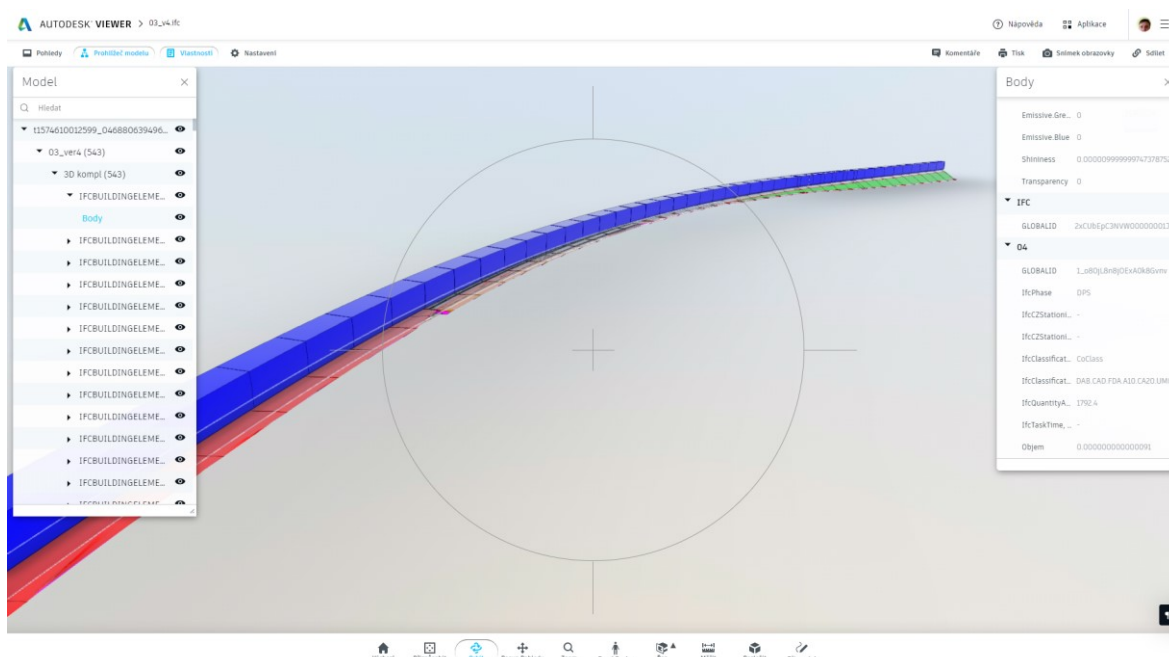
Před exportem do IFC byly tři modely sesazeny do jednoho dwg souboru. Export do IFC proběhl prostřednictvím Civil3D, pro zkoušku byly využity tři verze IFC a to 2x3, 4 a 4x1. Nicméně ani jedna možnost nepodporuje export 3D křivky, nebo 3D osy do IFC, to znamená, že de facto budou exportovány pouze 3D tělesa.

Autor má k dispozici dva nástroje k prohlížení IFC. Jedním je Autodesk® Viewer, druhým je Dalux BIM Viewer. Dalux BIM Viewer podporuje pouze IFC verzi 2x3 a verzi 4, Autodesk Viewer podporuje všechny exportované verze IFC.

Ani v jednom z exportovaných souborů nejsou elementy rozlišovány do IFC tříd. Vždy se jedná o IFCBuildingElement. V obou prohlížečích jsou k dispozici vlastnosti elementů, které byly definovány. Fungují také filtry vlastností. Z tohoto lze usuzovat, že negrafické informace byly migrovány v pořádku.



Obrázek 39 Průhled na element nástupního prefabrikátu v Dalux BIM Viewer  
Zdroj: autor



Obrázek 40 Pohled na IFC model v Autodesk Viewer  
Zdroj: autor

### 7.3 Prostorová poloha koleje

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, ani jedním z použitých nástrojů nelze vyexportovat osu koleje, ani 3D křivky. Z tohoto důvodu je nutné hledat způsoby jak tyto křivky vyexportovat. 3D osa koleje je zcela zásadní. V případě Civil3D je možné exportovat

osu s definicí převýšení a nivelety koleje do formátu LandXML. Ferrovia umí vyexportovat osu a podélný profil do textových souborů s textovou definicí směrového resp. výškového návrhu. Dále je možné vyexportovat směrové a výškové prvky do prostředí Civil 3D a poté exportovat do LandXML.

I pro výstavbu bude zřejmě i do budoucna (dokud nebudou existovat plně automatické traťové stroje na úpravu geometrické polohy koleje) nezbytné zhotovit klasickou dokumentaci. Popisy směrových prvků, vytyčovaných bodů, návrhu nivelety, ale třeba i příčné posuny vůči stávající ose budou nezbytné a nejspíše i nejjednodušším nástrojem pro řízení samotné výstavby. Samozřejmě je potřeba postupovat tak, že takovéto výkresy budou tvořeny z 3D modelu. Všechny využití aplikace umožňují referencovat libovolné soubory k jednotlivým prvkům, nebo částem modelu.

Optimální způsob předání dat je samozřejmě v IFC, případně v nativních formátech, pokud budou informační systémy nebo CDE správce s nimi kompatibilní.

#### **7.4 Požadavky na předání živých dat**

V rámci všech doposud vytvořených metodik a návrhů smluvních standardů je požadováno, aby projektant dodal objednateli tzv. živá data. To znamená data v takovém stavu, že objednatel, případně jím pověřená osoba, budou moci upravovat model samotný. Problematika autorského práva bude vyřešena tím, že projektant poskytuje data k získání pouze nezbytně nutných informací. Není tedy možné, že budoucí uživatel otevřených dat bude jakkoliv získaná data vytěžovat. Minimálně v oblasti Civil3D bude kontrola dodržování takového počínání značně problematická až nemožná.

Nicméně větším problémem je kompatibilita výkresů. Společnost Autodesk již oficiálně zveřejnila, že v rámci jejích produktů nebude zajištěna zpětná kompatibilita – toto je problematické s ohledem na chybovost vydávaných verzí SW (tato je většinou odstraněna prostřednictvím aktualizací a záplat). Dalším problémem s ohledem na Civil3D jsou podsestavy, pokud nebudou součástí odevzdání i podsestavy samotné, tak aby si je mohl „nový“ uživatel modelu naimportovat, případně „obraz“ složky Imported Tools<sup>28</sup> od původního autora, je velice problematické zaručit editovatelnost a korektnost modelu.

---

<sup>28</sup> Jedná se o zdrojový adresář s makry jednotlivých podsestav, pokud Civil3D nenajde konkrétní makro upravuje poslední odpovídající, případně si vytvoří své vlastní



Zároveň je s ohledem na problematickou dopřednou a neexistující zpětnou kompatibilitu zajistit verzi<sup>29</sup> aplikace, ve které byl model vytvořený.

Na tomto místě je nutné konstatovat, že požadavek na živá data, je zcela legitimní a opodstatněný. Je na projektantech a jejich partnerech v oblasti software a CAD/BIM konzultantů, aby se s tímto požadavkem vypořádali tak, aby předání know-how nedeformovalo konkurenční prostředí, tzn., aby svou konkurenční výhodu vytvořili na jiných základech než na znalosti algoritmů tvorby 3D modelu.

## **7.5 Digitalizace stávající železniční sítě**

V rámci úvah, jak bude vypadat CDE v rámci SŽDC je nutné řešit i vazby mezi jednotlivými modely. Pokud by měla nastat situace, že se v rámci železniční sítě budou tvořit solitérní modely a ostatní části budou nemodelované, byl by to postup krajně nešťastný. Je potřeba si uvědomit, že v rámci nadlimitních veřejných zakázek, by modelace celé sítě trvala dlouhá desetiletí, pokud by se na všechna místa vůbec dostala.

Z poznatků autora se jeví jako vhodné užití hybridního modelu, kde míso, které je v rámci stavby modelováno má plnohodnotný informační model a ostatní části mají jen zjednodušený model pro potřeby pasportizace a správy. Zjednodušený model může být tvořen například mračny bodů a pouze budou separovány elementy podle správce. Zřejmě by se jednalo o vhodný doplněk k projektům prostorové polohy koleje, které SŽDC pořizuje.

---

<sup>29</sup> Podle současných licenčních podmínek společnosti Autodesk může uživatel používat verzi aktuální a další tři starší verze (nyní tedy 2020, 2019, 2018 a 2017) – na ostatní užití musí společnost Autodesk vydat výjimku. Aplikace starší verze než 2010 by již v roce 2019 nemělo být možné ani aktivovat.

## 8 Vyhodnocení

### 8.1 Tvorba modelu a jeho využití

Jak bylo v práci již dříve uvedeno, dostal se autor do několika slepých uliček a to už v případě samotného modelování. Existuje poměrně malé množství nástrojů k návrhu kolejových staveb a to konkrétně v českém prostředí. Problémem železnice je její poměrně nízká interoperabilita, kdy i historicky byly vždy národní organizace spravující a provozující infrastrukturu víceméně uzavřené a to i přes to, že se sdružovaly v různých mezinárodních organizacích. Jednoduše řečeno každý stát přistupuje k filosofii návrhu koleje různě a to i v tak elementárních věcech, jako je tvar použité přechodnice – v České republice již výhradně klotoida, ale na Slovensku kubická parabola a to ještě v národní geometrii.

Dalším problémem je vcelku rychlý vzestup digitalizace stavebnictví a metody BIM, na který ne zcela úplně dokáží vývojáři CAD software reagovat. Problémem jsou i aktuálně platné a implementované verze IFC, všemi očekávaná verze IFC 5, která má problematiku liniových staveb řešit, stále není vydaná.

Je ale nutné konstatovat, že model vytvořen byl. Bylo možné jej dále použít k zamýšleným aplikacím BIM a některé problémy byly už čistě z oblasti přípravy datových souborů, případně programování.

K vytvoření modelu určitě přispěla existence datového standardu. Ač nebyl využit v celém spektru možných vstupů, tak se jedná o důležitý nástroj, který je jakýmsi vodítkem a jednoznačně určuje, co a jak má vypadat a jaké informace je nutné do modelu připojit. Jen je vhodné stávající verzi (9/2019) zrevidovat, případně popsat jednotlivé vlastnosti tak, aby všem zúčastněným dávali smysl a byly považovány za všeobecně účelné.

### 8.2 Klasifikace modelu

Během realizace modelu dospěl autor k závěru, že klasifikace je zcela klíčovou částí informačního modelování. A to hlavně s ohledem na strojní zpracování a třídění dat.

Model byl klasifikován systémem CoClass po úroveň „prvek“. Tato úroveň je zamýšlena i v rámci metodické tvorby odboru koncepce BIM při ČAS. CoClass je pro prohlížení přístupný zdarma, autor navíc bez větších potíží získal přístup k nadstavbové aplikaci CoClass studio, která usnadnila práci na tvorbě struktury. Zda je model klasifikovaný zcela správně nedokáže autor v tuto chvíli posoudit, jelikož neexistuje žádná volně dostupná příručka užití jednotlivých klasifikačních tabulek a to ani ve švédštině, či angličtině.

S ohledem na možnosti navazování kódu v rámci klasifikačního řetězce CoClass je vhodné se zamyslet, zda nevyužít možnosti mít klíčovou vlastnost uvedenou přímo v klasifikačním kódu. Algoritmus, který bude v budoucnu mapovat element klasifikovaný v CoClass na nějakou z položek cenových databází by mohl rozhodovat pouze na základě hodnot z různých pozic jednoho řetězce. Tak jak je nyní navržený DSS, bude nutné, aby do algoritmu existovali dva vstupy, jednak klasifikační řetězec pro zjištění samotného druhu elementu a druhak vlastnost elementu.

Pokud chceme hovořit o plné interoperabilitě všech projektových a projektovaných dat, je nutné zatřídit všechna data. To znamená nejenom položky, ale i jednotlivé soubory, adresáře, hladiny, podklady a tak dále. Systém CoClass takovouto možnost zatřídění umožňuje, nicméně je vcelku lhostejné, zda pro zatřídění dat bude využit CoClass nebo jiný třídící systém. Důležité je, aby alespoň v oblasti veřejných zakázek (minimálně v rámci působnosti jednoho investora, případně resortu) byl použit vždy jeden systém. Toto je důležité s ohledem na úspory v rámci pořízení a implementace CDE, nebo jakýchkoliv informačních systémů, která budou data evidovat, nebo zpracovávat. V této práci nebyla data takto podrobně zatříděna, protože s ohledem na užití dat to přišlo autorovi jako neúčelné a neměl dostatek podkladů k možnosti zatřídění v rámci CoClass.

### **8.3 Vytvoření časového a finančního modelu**

Je třeba správně definovat, co bylo cílem modelu. V rámci této práce byl jedním z cílů model nesoucí informace o ceně modelu, to se v podstatě nepodařilo<sup>30</sup>. V rámci kapitoly 5 byl sice v prostředí Navisworks celý model kvantifikován do odpovídajících položek, ale samotné ocenění proběhlo „ručně“. Autor v tuto chvíli nezná lepší způsob, jak s modelem v oblasti BIM 5D pracovat. Lze předpokládat, že v dohledné době se této příležitosti chopí vývojáři kalkulačních aplikací a přijdou s řešením, které už bude mít například přednastavená pravidla mapování položek.

Časový model byl vytvářen pro možnost ověření, zda je to vůbec možné. Jednoduchým způsobem byl vytvořen jak datový, tak i grafický časový model. Je třeba připomenout, že autor nevyužil všechny možnosti aplikace Navisworks jako například datová propojení. V tomto ohledu lze konstatovat, že vyšší míra automatizace je možná. Navíc při správně

---

<sup>30</sup> Nepodařilo se vytvořit 5D model výhradně ve formátech open BIM.

strukturovaném modelu lze jisté formy časové simulace dosáhnout jednoduchým vypínáním a zapínáním hladin.

Na tomto místě je vhodné upozornit na to, že v modelu Design-Bid-Build je téměř nemožné, aby projektant vytvořil na základě modelu perfektní a vše obsahující čtyř a pěti rozměrné modely. Zcela výrazně totiž do této fáze vstupují výrobní prostředky zhotovitele, proto je zřejmě na místě zamyslet se nad udržitelností a efektivností stávajícího modelu zpracovávání veřejných zakázek.

## **8.4 Přenos dat**

Toto je asi největší kámen úrazu. Pokud budeme pracovat v nativních formátech daných aplikací, tak zřejmě nenastanou žádné větší problémy, ale v případě exportů nebo migrací dat dochází ke ztrátám. V rámci exportu do IFC to byla ztráta zásadní a to nemožnost exportovat liniové prvky. V případě exportu do jiných formátů takovéto zásadní ztráty očekávány nejsou, jelikož zmiňované liniové prvky – například 3D křivky – jsou nativními elementy těchto formátů. Zlepšení v této oblasti může přinést bSI a to vydáním formátu IFC v takové verzi, která bude schopna akceptovat a správně zatřídit prvky liniových staveb. V současné době je tento problém obcházen u řady poskytovatelů CDE tím, že vyvíjí samostatné doplňky k importům nativních formátů.

## **8.5 Doporučení pro budoucí využití**

Z práce primárně vyplývá jedna věc, že informační modelování je vcelku bez problémů možné i v rámci liniových dopravních staveb. Nástrojů je také dostatek. Ostatně už během zpracování této diplomové práce (během necelého roku) se objevila celá řada nových možných řešení.

Vždy je ale nutné definovat, k jakému cíli má výsledný model sloužit. Od toho se odvíjí stupeň zpracování detailů a to jak po stránce grafické tak i negrafické. Je také nutné si uvědomit, jaká data jsou v modelu skutečně účelná. Protože zbytečně definovaný prostor, který nebude dále smysluplně využit, stojí nemalé množství času modeláře, který tato data definuje a primárně je do modelu vkládá, ale také stojí finanční prostředky za uchovávaný model – tzv. za datovou kapacitu.

Pro definici takovýchto dat existuje dokument označovaný BEP, z anglického BIM Execution Plan – Plán realizace BIM. Je vhodné takovýto dokument vytvořit vždy před začátkem prací a to v kooperaci modeláře/projektanta a investora (nejlépe i dodavatele

stavebních prací, je-li to možné). Tento dokument by měl obsahovat odpovědi na otázky, které mohou během tvorby modelu a také během práce s ním vznikat.

Práce samotná má obrovský přínos pro autora, a existuje předpoklad přínosu pro celý segment liniových staveb. Jedná se v podstatě o jakýsi pilotní projekt na fiktivním základě, ale s reálnými požadavky. Autor si během práce na modelu ověřil, zda jeho představy o možnostech informačního modelování jsou či nejsou reálné a hlavně smysluplné. Zároveň bylo v rámci práce zjištěno, že samotná tvorba a definice modelu není až takovou revolucí v projekční práci. Zásadní posun je ten, že v podstatě kdokoli (kdo má k datům přístup), může model libovolně řezat, přibližovat, odměřovat v něm a tak dále. Je tedy nutné model propracovat do všech účelných detailů a například také definovat a modelovat provizorní a pracovní stavy. Protože jak je patrné například z obrázku 36, není zde zřízené pažení, aby se konstrukční vrstva ŽSp nesesypávala do doby, než bude uložena zídka nástupní hrany. Takovéto „detaily“ jsou doposud řešeny například v rámci POV, nebo nejsou řešeny vůbec, což se může negativně projevit na rozpočtu.

S ohledem na to, že celá práce byla koncipována jako hledání cest, učení se, nejenom o informačním modelování, ale také učení se práci v různých nástrojích. Lze tuto cestu doporučit všem jedincům a organizacím zabývajícím se projektováním. Nejspíše se totiž jedná o přirozenou evoluci v naší práci, kdy již proběhl přesun od rýsovacích prken ke CAD systémům, od 2D CAD systémů k 3D modelování a nyní s rostoucí dostupnou výpočetní kapacitou se posouváme k automatizaci a podrobnému zpracování informací. Je určité vhodné cestu učení a slepých uliček absolvovat v co největším počtu, protože se jedná o vyvíjející se segment, kde poznatky a zkušenosti každého z nás mohou mít i dalekosáhlější význam pro celé odvětví. Jedná se určitě o proces, který bude náročný pro všechny zúčastněné, je nutné apelovat na co nejlepší vstupy (aby proces automatizace vůbec mohl probíhat) a je také nutné hledat motivaci uvnitř, pouze tak je možné dosáhnout očekávaných přínosů pro obor stavebnictví, jako celek.

## 9 Závěr

Tvorba modelu byla někdy obtížná, avšak za cenu drobných, ale obhajitelných ústupků bylo stanovených cílů dosaženo. Jako nejproblematictější se jeví vazba na openBIM formát IFC, který je ještě stále navržený primárně pro pozemní stavitelství. K tomu se váže i způsob předání dat budoucímu zhotoviteli, resp. správci. Minimálně v oblasti železničních staveb nelze očekávat ústup od klasického směrového a výškového návrhu v podobě situace, případně vytyčovacího výkresu, a podélného profilu. Nicméně tato data jsou zdrojem pro 3D modelování, takže je projektant musí vytvořit v každém případě. Jako zcela zásadní se jeví oblast klasifikace a návrhu datové struktury. Tento fakt vyplývá z toho, že hlavní přínos metody nebo procesu BIM není v 3D modelování a předání grafických dat, ale ve správném zpracování a referencování dat negrafických. Pouze za předpokladu splnění těchto podmínek může mít metoda BIM kýžený efekt – zvýšení produktivity, efektivity, a další.

## Citovaná literatura

1. **Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.** Koncepce zavádění metody BIM v ČR schválena vládou. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 26. 9 2017. [Citace: 12. 5 2019.] <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>.
2. **Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.** Koncepce zavádění metody BIM v České republice. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 9 2017. [Citace: 12. 5 2019.] <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>.
3. **Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky.** Statistické výstupy o veřejných zakázkách/I. Informace o veřejných zakázkách evidovaných prostřednictvím Věstníku veřejných zakázek / VZ ve fázi zahájení zadávacího řízení / Roční sumář oznámených VZ podle druhu zakázky (dodávky, služby, ...). *Informační systém o veřejných zakázkách*. [Online] 12. 5 2109. [Citace: 12. 5 2019.] <https://www.isvz.cz/ReportingSuite/Explorer/Reports/ReportPreview.aspx?isNodeId=true&id=725eb684-6693-42e2-8248-d9c596209a03>.
4. **High Speed Two Ltd.** Building information modelling (BIM). *High Speed 2*. [Online] High Speed Two Ltd, 2017. [Citace: 17. 03 2019.] <https://www.hs2.org.uk/building-hs2/building-the-line/building-information-modelling-bim/>.
5. **Jensen, Dorota.** Viewerprogram för BIM. *Trafikverket*. [Online] 8. 3 2019. [Citace: 17. 3 2019.] [https://www.trafikverket.se/contentassets/77f7e55db64b40e987c32d47c4425449/viewerprogram\\_for\\_bim\\_2018-10-16.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/77f7e55db64b40e987c32d47c4425449/viewerprogram_for_bim_2018-10-16.pdf).
6. **Státní fond dopravní infrastruktury.** Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury - Datový standard pro PDPS. *SFDI | TECHNICKÉ PŘEDPISY A METODIKY – EXPERTNÍ VÝKONNÝ TÝM*. [Online] 9 2019. [Citace: 5. říjen 2019.] [https://www.sfdi.cz/soubory/bim/2019\\_09\\_predpis\\_pro\\_bim\\_datovy\\_standard.zip](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/2019_09_predpis_pro_bim_datovy_standard.zip).
7. **Šejnoha, Ing. Josef.** Pilotní projekty BIM v prostředí ŘSD ČR. *Státní fond veřejné infrastruktury*. [Online] 2017. [Citace: 11. 5 2019.] [https://www.sfdi.cz/soubory/bim/pilotni\\_projekty\\_bim\\_rsd.pdf](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/pilotni_projekty_bim_rsd.pdf).

8. **Usnesení Vlády České republiky:** o významu metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení. Praha : Úřad vlády České republiky, 2016. č. 958.
9. **Česká agentura pro standardizaci.** Koncepce BIM 2022. *Česká agentura pro standardizaci*. [Online] ČAS , 2017. [Citace: 21. 5 2019.] <http://www.agentura-cas.cz/node/148>.
10. **Česká agentura pro standardizaci.** *Koncepce BIM*. [Online] Česká agentura pro standardizaci, 2018. [Citace: 21. 5 2019.] <https://www.koncepcebim.cz/>.
11. **Veselý, Zdeněk, a další.** *Realizace koncepce BIM - Strategie a plán pro rok 2019*. Praha : Česká agentura pro standardizaci, 2019. prezentace, Koncepce BIM 2022 - setkání stavebního odvětví, MPO Praha.
12. **Státní fond dopravní infrastruktury.** Plán pro rozšíření využití digitálních metod a zavedení informačního modelování staveb (Building Information Modelling – BIM) dopravní infrastrukturu. *SFDI | Státní fond dopravní infrastruktury*. [Online] 9 2017. [Citace: 22. 5 2019.] [https://www.sfdi.cz/soubory/bim/sfdi\\_publicace\\_bim.pdf](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/sfdi_publicace_bim.pdf).
13. **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** *ČSN ISO 12006-2 Budovy a inženýrské stavby - Organizace informací o stavbách - Část 2: Rámec pro klasifikaci*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. ČSN ISO 12006-2.
14. **Česká agentura pro standardizaci.** ČAS-P03-V09a-E3-R01-001\_Rešerše a srovnání klasifikačních systémů stavebních prvků. [Online] duben 2019. [Citace: 27. 6 2019.] [https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/CAS\\_Re%C5%A1er%C5%A1e%20a%20srovn%C3%A1n%C3%AD%20klasifika%C4%8Dn%C3%ADch%20syst%C3%A9m%C5%AF%20%28BIM%29%20-%20Souhrnn%C3%A1%20zpr%C3%A1va-fin%C3%A1ln%C3%AD%20v%C3%BDstup.pdf](https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/CAS_Re%C5%A1er%C5%A1e%20a%20srovn%C3%A1n%C3%AD%20klasifika%C4%8Dn%C3%ADch%20syst%C3%A9m%C5%AF%20%28BIM%29%20-%20Souhrnn%C3%A1%20zpr%C3%A1va-fin%C3%A1ln%C3%AD%20v%C3%BDstup.pdf).
15. **Ministerstvo dopravy ČR.** Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací, schváleno únor 2019. *SFDI | Cenové databáze*. [Online] 2 2019. [Citace: 27. 6 2019.] [https://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/metodiky/2019\\_otskp.zip](https://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/metodiky/2019_otskp.zip).
16. **CoClass.** *CoClass - Sveriges nya digitala klassifikationssystem*. [Online] BSAB 2.0, 2016. [Citace: 20. 5 2019.] <https://coclass.byggjtjanst.se/>.



## Seznam obrázků

Obrázek 1 Vizualizace rozvoje standardu IFC verze 4, .....	13
Obrázek 2 Rámec dělení systému „železnice“ na jednotlivé subsystémy;.....	14
Obrázek 3 Pyramida plánu pro rozšíření využití digitálních metod a zavedení informačního modelování staveb pro dopravní infrastrukturu.....	18
Obrázek 4 Harmonogram přípravy standardizace v rámci SFDI .....	19
Obrázek 5 Ukázka pracovního prostředí aplikace Autodesk Civil3D 2020.....	22
Obrázek 6 Ukázka pracovního prostředí aplikace Autodesk Subassembly Composer 2020 .....	23
Obrázek 7 Ukázka pracovního prostředí nástroje Ferrovía - vzorový příčný řez s definovanými planimetrickými elementy pro výpočty kubatur a pro definici výstupu do 3D solid modelu .....	24
Obrázek 8 Vzorový řez koleje v násypu s patním příkopem vpravo .....	25
Obrázek 9 Vzorový řez koleje v zářezu s příkopy po obou stranách .....	25
Obrázek 10 Kolej v zářezu s nástupištěm v částečném násypu.....	25
Obrázek 11 Kolej v zářezu s nástupištěm v zářezu .....	26
Obrázek 12 Definice elementu a skupin vlastností osy koleje .....	29
Obrázek 13 Sada vlastností I5 .....	29
Obrázek 14 Sada vlastností S14 .....	29
Obrázek 15 Sada vlastností E1 .....	30
Obrázek 16 Sada vlastností Z1 .....	30
Obrázek 17 Sada vlastností F1 .....	30
Obrázek 18 Struktura XML definující sady vlastností a vlastnosti aplikace Ferrovía .....	31
Obrázek 19 i:gal vs. i:gal.....	34
Obrázek 20 Pražec vs. Pražec.....	34
Obrázek 21 Vlastníci klasifikačního systému CoClass .....	36
Obrázek 22 Schéma architektury kódu CoClass .....	37
Obrázek 23 Schéma struktury klasifikačního systému CoClass pro jeden prvek .....	40
Obrázek 24 Náhled obrazovky webové aplikace CoClass studio s konceptem řešeného modelu .....	41
Obrázek 25 Princip rozhodování o hlavní OTSKP položce na základě vlastnosti prvku ..	43
Obrázek 26 Ukázka aplikačního prostředí Autodesk Navisworks Manage 2020 .....	45

Obrázek 27 Struktura XML pro definici rozpočtových položek aplikace Navisworks .....	45
Obrázek 28 Ukázka tabulky Items Raw - výstup z aplikace Navisworks .....	46
Obrázek 29 Groups Raw - výstup z Navisworks .....	47
Obrázek 30 Groups Pivot Table - výstup z Navisworks .....	47
Obrázek 31 Výsledná cena modelu .....	48
Obrázek 32 Náhled na definici časových vazeb jednotlivých procesů .....	50
Obrázek 33 Postup 1 - sejmutí ornice ŽSp (žlutě) .....	51
Obrázek 34 Postup 5 - realizované zlepšení zeminy zemní pláň (zeleně) a sejmutí ornice nástupiště v realizaci.....	51
Obrázek 35 Postup 8 - zřizování konstrukční vrstvy ze štěrkodrti (žlutě), realizovaná stabilizace a výkopy pro nástupiště .....	51
Obrázek 36 Postup 11 - zřizování koleje (zelený průjezdný průřez) a podkladních vrstev nástupní hrany .....	52
Obrázek 37 Postup 16 - zřizování pochozí plochy nástupiště, realizovaná nástupní hrana, obruby a kolej .....	52
Obrázek 38 Finální podoba nástupiště včetně nátěru varovného pásu .....	52
Obrázek 39 Průhled na element nástupního prefabrikátu v Dalux BIM Viewer.....	55
Obrázek 40 Pohled na IFC model v Autodesk Viewer .....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Znázornění jednotlivých konstrukčních úrovní u koleje v zářezu.....	27
Tabulka 2 Přiřazení CoClass kódů - kolej v zářezu.....	38
Tabulka 3 Namapování položek OTSKP na klasifikaci CoClass .....	44
Tabulka 4 Návrh možné agregace grafických elementů modelu .....	53

## Seznam příloh

Příloha 1 Tabulka klasifikace modelu
Příloha 2 Soupis položek OTSKP vyskytujících se v modelu
Příloha 3 Definice množiny vlastností
Příloha 4 Definice planimetrických elementů
Příloha 5 Situace
Příloha 6 Půdorys nástupiště
Příloha 7 Příčný řez nástupištěm